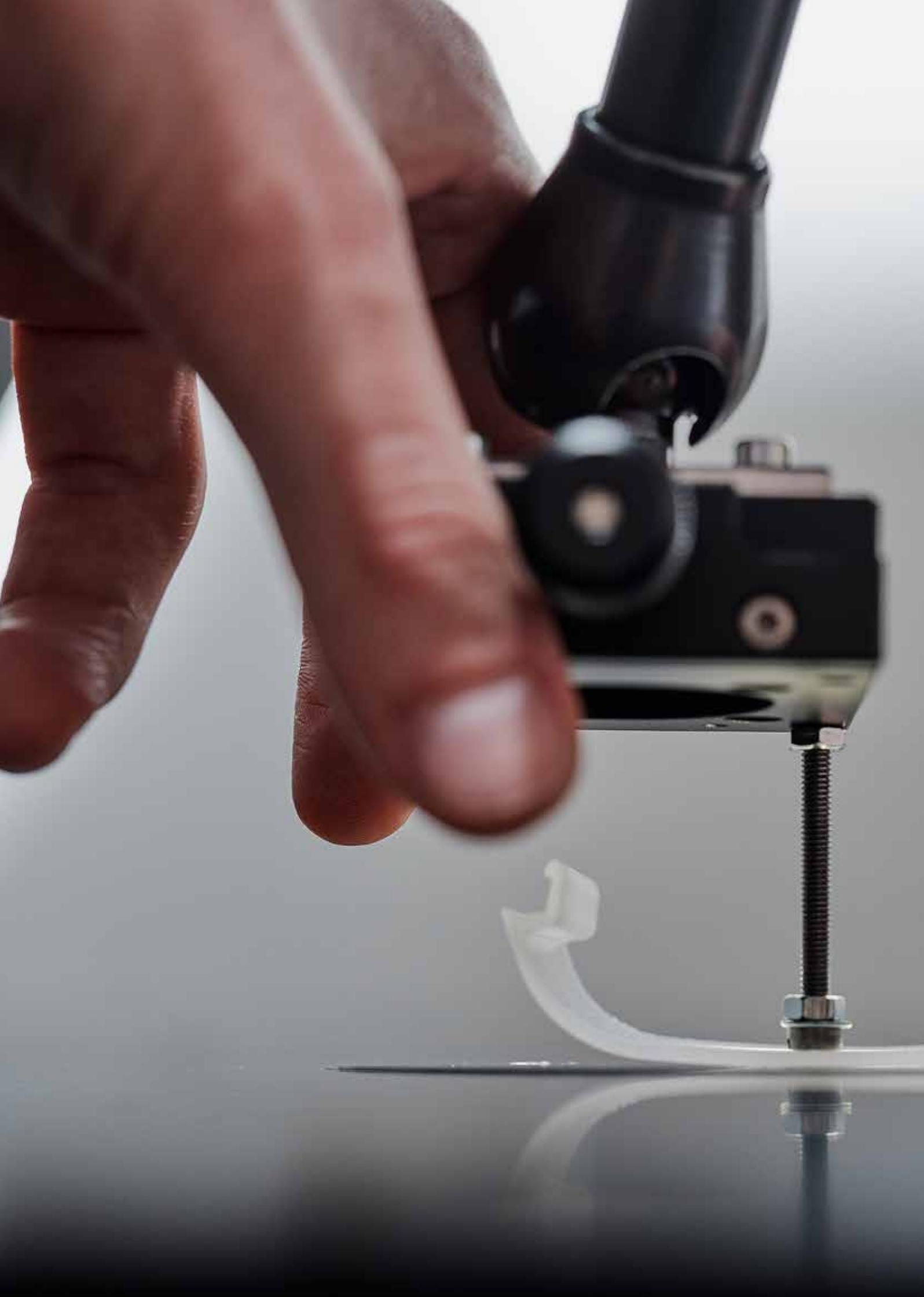




Lehrforschung 2016/2017

Schriftenreihe

Hrsg.: Der Präsident der TH Nürnberg, Prof. Dr. Michael Braun



A close-up photograph of a hand holding a pen, poised to write on a document. The scene is softly lit, with a circular white overlay in the center containing text. The background is a blurred, light-colored surface.

Lehrforschung
der TH Nürnberg
2016/2017

Lehrforschung

Editorial

Prof. Dr.-Ing. Niels Oberbeck
Vizepräsident

Berichte zur Lehrforschung

Gute Ideen. Innovative Konzepte. Hohes Engagement. Interdisziplinäre Umsetzung.

Diese vier Begriffe stehen für Stärken der TH Nürnberg, für Merkmale, die unsere Hochschule ausmachen. Die



Lehrforschung ist ein ideales Format, um diese Aspekte im Studium und in der Lehre mit Leben zu erfüllen. Studierende lernen, indem sie an Forschungsprojekten mitwirken, die Forschung wird integrativer Teil der Lehre. Sie entwickeln Neugier und Begeisterung und überführen dies in wissenschaftliches Handeln, das den Anwendungsbezug stets im Blick hat.

Aus diesem Grund fördert die TH Nürnberg jährlich vielversprechende Projekte in ihrem Wettbewerb ‚Lehrforschung‘. Wir präsentieren Ihnen nun eine dicke Doppelausgabe mit 34 interessanten Berichten zur Lehrforschung aus den Jahren 2016 und 2017.

Viele Projekte, die in der Lehrforschung starten, haben das Potenzial, in Bachelor- und Masterarbeiten weiter verfolgt zu werden, über unseren Wettbewerb ‚Vorlaufforschung‘ die Reife für einen Forschungsantrag zu erlangen und schließlich zu einem geförderten Forschungsprojekt zu werden. Dabei immer im Fokus: Der Transfergedanke, realisiert in vielen Kooperationen mit Unternehmen und Organisationen. Am Ende mag sogar die Promotion von jungen Menschen stehen, die als forschende Studierende gestartet sind.

Viele Erkenntnisse und Forschungsergebnisse aus den Lehrforschungsprojekten fließen in die Lehre der betreuenden Professorinnen und Professoren ein und tragen dazu bei, die Lehre aktuell und lebendig zu halten. Die Lehrforschung unterstützt somit wichtige Aspekte unseres ‚Leitbildes Lehren und Lernen – im Dialog sein‘ – eine fachliche Ausbildung auf hohem Niveau, verbunden mit der Unterstützung der Persönlichkeitsbildung unserer Studierenden.

Wir möchten Sie mit dem vorliegenden Band zu eigenen Ideen für Projekte anregen. Vielleicht beteiligen Sie sich ja im kommenden Jahr am Wettbewerb ‚Lehrforschung‘ und steuern einen Beitrag zum nächsten Band unserer Schriftenreihe bei. Ich würde mich freuen.

Niels Oberbeck

Prof. Dr.-Ing. Niels Oberbeck
Vizepräsident



A young man and woman are smiling and looking at a piece of laboratory equipment in a workshop setting. The woman has long red hair and is wearing glasses. The man has short brown hair and is wearing a dark blue sweater. They are both looking towards the left side of the frame. In the foreground, there is a piece of equipment with a digital display showing '109.12'. The background shows various mechanical parts and equipment.

Lehrforschung
der TH Nürnberg
2016

Inhalt

Lehrforschung der TH Nürnberg 2016

Berichte zur Lehrforschung	5
Prof. Dr.-Ing. Niels Oberbeck Niels Oberbeck, Vizepräsident, TH Nürnberg	
<hr/>	
Industrial Newsgames als Kommunikationstool für Industrie 4.0	12
Prof. Volker M. Banholzer Fakultät Angewandte Mathematik, Physik und Allgemeinwissenschaften, TH Nürnberg	
Robert Weber Industrial Newsgames GmbH & Co. KG	
<hr/>	
Integrierte Prozessentwicklung und Prozessautomatisierung	22
Prof. Dr. Christoph Bayer, Dipl.-Ing. (FH) Michael Größmann Fakultät Verfahrenstechnik, TH Nürnberg	
<hr/>	
Wellen als Energiequelle und Bemessungsgröße (W-E-B)	30
Prof. Dr.-Ing. habil. Dirk Carstensen, Dipl.-Ing.(FH), M. Sc. Tilo Vollweiler Fakultät Bauingenieurwesen, TH Nürnberg	
<hr/>	
1. Industrie 4.0: Auswirkungen auf die Unternehmensführung 2. Innovationsmanagement im internationalen Vergleich und im regionalen Umfeld	40
Prof. Dr. Werner Fees Fakultät Betriebswirtschaft, TH Nürnberg	
<hr/>	
3D-Druck mit löslichen Stützstrukturen für blinde Menschen	48
Prof. Dr. Timo Götzelmann Fakultät Informatik, TH Nürnberg	
<hr/>	
Synthese und Analytik von Koffeinmetaboliten zur Aufklärung des menschlichen Koffeinmetabolismus	58
Prof. Dr. Birgit Götzinger, Prof. Dr. Jens Pesch, Stephanie Link, M. Sc. Fakultät Angewandte Chemie, TH Nürnberg	
<hr/>	
Formula Student Electric mit dem Team StrOHM + Söhne und NoRa 4	70
Prof. Dr.-Ing. Ulrich Grau Fakultät Maschinenbau und Versorgungstechnik, TH Nürnberg	
Denise Hurtienne Teamleitung StrOHM + Söhne, Noris Motorsport Nürnberg	

Bewertung von Klimakorridoren für die präventive Glaskonservierung 78

Prof. Dr. Uta Helbig

Fakultät Werkstofftechnik, TH Nürnberg

Absolute Objektivierung eines Preferential-Looking Tests bei Kindern von 2 – 6 Jahren mit Hilfe von Eye-Tracking 88

Prof. Dr. Helmut Herold, Andreas Pazureck, M. Sc., Michael Jank, M. Eng., Sascha Herold, B. Eng.

Fakultät Elektrotechnik Feinwerktechnik Informationstechnik, TH Nürnberg

LED Leuchten Design Contest 2016 96

Prof. Dr. Alexander von Hoffmann

Fakultät Elektrotechnik Feinwerktechnik Informationstechnik, TH Nürnberg

Mobile Robotik – Experimentelles Forschen von der KinderUNI bis zur Promotion 102

Prof. Dr. Stefan May, Prof. Dr. Christine Niebler, Prof. Dr. Jörg Arndt, Christian Pfitzner, M. Sc.,

Dipl.-Ing. Jon Martin Garechana

Fakultät Elektrotechnik Feinwerktechnik Informationstechnik, TH Nürnberg

FilamentMeltflowRatio für 3D-Drucker (FMR) 110

Prof. Dr. Michael Mirke

Fakultät Werkstofftechnik, TH Nürnberg

Untersuchungen zur Alterung von historischen Spielzeugen aus Cellulosenitrat 120

Prof. Dr. Jens Pesch, Dipl. Restaurator Simon Kunz

Fakultät Angewandte Chemie, TH Nürnberg

Dr. Elena Gómez Sánchez

Materialkundliches Labor, Deutsches Bergbaumuseum Bochum

Versuche zur Stabilität von Stützen und Trägern aus verschiedenen Materialien 132

Prof. Dr.-Ing. Hugo Rieger, Fabian Strobl, M. Eng.

Fakultät Bauingenieurwesen, TH Nürnberg

Konzeption eines Kurses für die Teilnahme am Freescale Cup 140

Prof. Dr. Ramin Tavakoli Kolagari, Tobias Wägemann, Markus Zoppelt

Fakultät Informatik, TH Nürnberg







Industrial Newsgames als Kommunikationstool für Industrie 4.0

Prof. Volker M. Banholzer

Fakultät Angewandte Mathematik, Physik und Allgemeinwissenschaften

TH Nürnberg

Robert Weber

Industrial Newsgames GmbH & Co. KG

Wesentliche Projektziele

Im Rahmen einer Lehrveranstaltung zu Industrial Newsgames sollten die Studierenden einen Gamification-Ansatz für die Unternehmenskommunikation in B2B-Kontexten konzipieren, der in den ersten Anwendungsszenarien qualitativ evaluiert wird. Die Aufgabe für die Studierenden war es, einen Gamification-Ansatz zu entwickeln, um Industrie 4.0 anhand zweier Maschinen- und Produktkonzepte der Harting Technologiegruppe (Espelkamp) FlexiMon und Mica für die interne und externe Unternehmenskommunikation nutzbar zu machen. Das Applied Game wurde dann im Rahmen der Hannover Messe 2017 qualitativ evaluiert.

Das Projekt und die Evaluation konnten nachweisen, dass Applied Games und Gamification-Ansätze geeignete und auch bei der Zielgruppe ‚Entscheider‘ akzeptierte Instrumente in der B2B-Kommunikation sind, um komplexe Technologie zu vermitteln.

1. Projektdaten

Fördersumme	9.500 Euro
Laufzeit	Mai bis Dezember 2016 (Antragplanung) Abschluss real Hannover Messe April 2017
Fakultät / Institut / Kompetenzzentrum	Fakultät Angewandte Mathematik, Physik und Allgemeinwissenschaften
Projektleitung	Prof. Volker M. Banholzer
Kontaktdaten	E-Mail: volkermarkus.banholzer@th-nuernberg.de

2. Ausgangslage

Gamification hat zum Ziel, positive Eigenschaften digitaler Spiele, wie Motivation und Engagement, auf Nicht-unterhaltungskontexte zu übertragen. Das kann erreicht werden, wenn das Nutzererleben in den Mittelpunkt gestellt und Spielelemente in den Gegenstand der Betrachtung integriert werden (vgl. Meier 2017). Dies ist in Freizeit und Lernen bereits etabliert, im Unternehmensumfeld, vor allem in der Vertriebs- und Kundenkommunikation, wird dieser Ansatz jedoch nur zögerlich implementiert. Der Aufbau und die Verhaltensweisen in Organisationen, die Anwendung von neuen Technologien, sowie neue Wissensdomänen sind komplex und damit linear schwer zu durchdringen. Die Konstruktionsprinzipien dieser Artefakte folgen meist ökonomischen oder technikzentrierten Gesichtspunkten, die oft eine einseitige Anpassung des Nutzers an die Gegebenheiten und die Eigenschaften des jeweiligen Artefaktes bedingt oder implizit voraussetzt. Das führt oft zu einer geringeren Akzeptanz, Motivation und Compliance. Wenn Innovationen oder neue Technologiefelder entstehen, sind oftmals nur wenige konkrete Anwendungen vorhanden. Das trifft im Besonderen auch für Technologiekonzepte wie Industrie 4.0 zu, denen aktuell keine exakte Definition zugrunde liegt, deren Relevanz aber für Industrieunternehmen stetig steigt (vgl. Banholzer 2016b).

3. Ziele des Forschungsprojekts

Im Rahmen einer Lehrveranstaltung zu Industrial Newsgames sollten die Studierenden einen Gamification-Ansatz für die Unternehmenskommunikation in B2B-Kontexten konzipieren, der dann in den ersten Anwendungsszenarien qualitativ evaluiert wird. Die Aufgabe für die Studierenden war es, einen Gamification-Ansatz zu entwickeln, um Industrie 4.0 anhand zweier Maschinen- und Produktkonzepte der Harting Technologiegruppe (Espelkamp) FlexiMon und Mica für die interne und externe Unternehmenskommunikation nutzbar zu machen. Das entstandene Konzept sollte nach der Konzeptionsphase ein von der Harting Technologiegruppe beauftragter externer Dienstleister programmieren und umsetzen. In einem angegliederten Forschungsprojekt sollten die Studierenden Evaluations- und Trackingansätze konzipieren, durchführen und auswerten, die erstmals Aufschluss über die Nutzung und Wirkung dieses Kommunikationstools geben sollen.

Mit dem Lehrforschungsprojekt sollten zudem die Definition von Newsgames und deren Übertragbarkeit auf B2B-Kontexte erfolgen und im Wesentlichen zwei Forschungsfragen beantwortet werden.

- Forschungsfrage F1: Sind Industrial Newsgames / Applied Games im B2B-Kontext geeignete und von der Zielgruppe akzeptierte Kommunikationsinstrumente in der Kundenkommunikation?
- Forschungsfrage F2: Sind Industrial Newsgames / Applied Games geeignet, um komplexe, immaterielle technische Artefakte und Konzepte wie Industrie 4.0 erlebbar zu machen?

Das Forschungsprojekt leistet somit auch einen Beitrag dazu, ein Desiderat zu bearbeiten bzw. erste Ergebnisse für die Anwendung von Gamification-Anwendungen in der B2B-Kommunikation zu liefern. Gerade besonders komplexe Inhalte mit signifikantem Anteil von Systemwissen im Vergleich zu Faktenwissen können durch Spiele besser vermittelt werden als durch andere rein rezeptive Medien wie Kundenzeitschriften oder Onlineportale. Dies trifft besonders auf Industrie 4.0 zu, die nicht als Produkt oder Dienstleistung gekauft werden kann, weshalb hier zwangsläufig das ausgesprochene Faktenwissen fehlen muss.

4. Herangehensweise und Forschungsergebnisse

4.1 Vorüberlegungen und Arbeitshypothesen

Die fehlende Anwendung von Gamification-Elementen in der Kundenkommunikation von B2B-Unternehmen und speziell der Investitionsgüterindustrie sowie Nachfragen bei Kommunikationsverantwortlichen ließen den Schluss zu, dass Games, Gamification und Game-Elemente zumeist dem privaten Bereich und der Unterhaltung zugeordnet werden und damit für den beruflichen Kontext als unseriös gelten. Die - auch wissenschaftlich belegten - Erfahrungen in Aus- und Weiterbildung ließen aber vermuten, dass diese Kommunikationstools durchaus auf positive Resonanz stoßen würden. Allerdings wirken Game-Elemente im Arbeitsumfeld eher störend, wenn sie nicht einen Mehrwert für den Nutzer schaffen. D.h. ein Spiel muss für den Nutzer eine Relevanz aufweisen, in dem es persönliche Ziele und Interessen aufgreift und anspricht. Im B2B-Kontext ist davon auszugehen, dass die Zielgruppe Entscheider ein Informationsinteresse an Lösungen für ihre spezifischen Probleme und Herausforderungen hat (vgl. Banholzer 2016a).

Zudem erschien die Vermittlungsleistung von Gamification-Anwendungen bei abstrakten Technologien als sehr geeignet, um sich neue und unkonkrete, d.h. in der Entstehung und Konturierung begriffene, Technologiefelder

zu erschließen. Aus diesen Vorüberlegungen wurden die nachstehenden Arbeitshypothesen generiert, die es nach Abschluss des Projektes zu überprüfen galt:

- H1a: Bei jüngeren Kohorten (bis 30) erzielt das Applied Game eine höhere Zustimmung als bei älteren Kohorten, weil sie mehr Affinität zu Gamification-Elementen haben
- H1b: Das Applied Game wird als neues Kommunikationskonzept im Kontext der Digitalisierung akzeptiert und positiv konnotiert
- H2a: Gamification-Elemente sind für die Vermittlung immaterieller technischer Artefakte aufgrund der Erlebbarkeit ein geeignetes Mittel
- H2b: Die positive Haltung ist unabhängig von der generellen Bekanntheit von Newsgames

Angesichts der noch recht jungen und vor allem noch lückenhaften Forschungslage zu Newsgames oder Industrial Newsgames jenseits der Anwendungen in der Aus- und Weiterbildung sowie der noch ausstehenden Definition bzw. des Fehlens von eindeutig zuordenbaren Artefakten zu Industrie 4.0, mussten Arbeitsdefinitionen gefunden werden, auf deren Grundlage die Beurteilung der Ergebnisse erfolgen konnte. Die Basis für die Bewertung mit Blick auf die Anwendbarkeit der Gamification-Elemente auf immaterielle Artefakte war die Definition von Industrie 4.0 als Konzept:

- „Industrie 4.0 ist ein Konzept, das einen Trend zur Integration von vor allem auf Digitalisierung basierenden innovativen oder innovativ zu verknüpfenden Technologien, Dienstleistungen und Geschäftsmodellen in Produktions- und Vertriebsstrukturen beschreibt und das ausgehend von der Industrie tiefgreifende Auswirkungen auf nahezu alle Subsysteme der Gesellschaft entfaltet.“ (Banholzer 2016b: 3)

In der konzeptionellen Arbeit für die Erstellung der Gamification-Anwendung wurde die nachstehende Arbeitsdefinition angewendet:

- „Industrial Newsgames sind ein Instrument des Storytellings in der B2B-Marketingkommunikation, um mithilfe von Game-Elementen, Game-Dynamiken und Game-Mechanismen komplexe Zusammenhänge von Technologien oder Dienstleistungen sowie Leistungsportfolios als Quiz, animiertes Web-Doku-Format oder geschlossenes Serious Game zu präsentieren.“

Die weiteren Überlegungen zu konkreten Zielen und Anwendungen im B2B-Segment führten zu einer Modifikation der Definition und zu einer anders gelagerten Begriffsverwendung. Mit Blick auf Industriekontexte und unter Berücksichtigung des Weiterbildungsaspektes sowie der Verwendung in der Kundenkommunikation wurde im Folgenden von sogenannten Applied Games gesprochen:

- „Der Begriff Applied Games beschreibt Kommunikationsspiele oder Kommunikation mit einzelnen Gamification-Elementen, wie Game-Elementen, Game-Dynamiken oder Game-Mechanismen, die der Wissensvermittlung und dem Imageaufbau dienen. Dabei sind Applied Games in einen seriösen, anwendungsbezogenen Kontext integriert ohne eine zu ausgeprägte Spielcharakteristik wie Wettbewerb oder Gewinnorientierung

aufzuweisen. Die Einbettung in einen Kontext erfordert auch die Integration von einem Corporate Storytelling sowie die Berücksichtigung von nachvollziehbaren und motivierenden Handlungssträngen, Dramaturgien und (Lern-) Ergebnissen.“

4.2 Projektverlauf

In einer Lehrveranstaltung in Kooperation mit den späteren Programmierern des Applied Games entwickelten die Studierenden Konzepte in Workshops, angelehnt an Design Thinking. Dies erfolgte sowohl an der TH Nürnberg als auch am Hauptsitz der Harting Technologiegruppe im ostwestfälischen Espelkamp. Die Konzepte präsentierten sie vor den Verantwortlichen für Fertigung bzw. Produktdesign. In Abstimmung mit den Verantwortlichen der Harting Technologiegruppe haben die Studierenden das finale Konzept für das Applied Game an den programmierenden Dienstleister übergeben.

Parallel zur Programmierung und Abstimmung der Spiellogiken, der -oberflächen und der -anbindung an Präsentationskonzepte auf den Messen erfolgte die Vorbereitung zur Evaluation des Applied Game im Rahmen des Messeauftritts der Harting Technologiegruppe. Die zunächst geplante Präsentation auf der Automatisierungsmesse SPS/IPC/Drives im November 2016 konnten die Studierenden nicht realisieren. Sie zeigten und evaluierten das Applied Game erstmals im Rahmen der Hannover Messe im April 2017. Diese Verschiebung bot aber die Gelegenheit, bei künftigen Entscheidern der Investitionsgüterindustrie – Studierende und Absolventen von ingenieurwissenschaftlichen Masterstudiengängen an der TH Nürnberg – eine Vorerhebung zur Bekanntheit von Newsgames und deren Potentiale im B2B-Kontext durchzuführen.

Mit Blick auf die Zielgruppe ‚Entscheider‘ und deren Informationsgewohnheiten (vgl. Banholzer 2016a) wird deutlich, dass es nicht darum gehen kann, einzelne Game-Elemente willkürlich in einen anderen Kontext zu integrieren. Die Aufgabe ist vielmehr, von einem Lernziel ausgehend die Gamification-Anwendung rückwärts zu konstruieren. Die zentralen Fragen lauten, welcher Lerneffekt und welche Erkenntnis sollen beim Nutzer erzielt werden? Daraus wurden im Lehrforschungsprojekt Geschichte, Dramaturgie, Dynamiken und Mechanismen definiert und ausgewählt. Die konkrete Aufgabestellung bestand vor dem Hintergrund der Harting Technologiegruppe darin, mit Mitteln der Gamification für diesen mittelständischen Anbieter von Automatisierungslösungen den Begriff Industrie 4.0 mit Inhalten zu füllen, sowie den Interessenten und Kunden einen Wechsel im Leistungsspektrum zu verdeutlichen und erlebbar zu machen:

- Das abstrakte Konzept Industrie 4.0 soll auf der Ebene der horizontalen Flexibilität einer Fertigungslinie erlebbar gemacht werden
- Den Interessenten soll die Erweiterung des Leistungsspektrums des Anbieters vom Produkt- bzw. Komponentenhersteller zum Automatisierer vermittelt werden
- Der flexible Einsatz von intelligenten Komponenten in Fertigungszellen soll veranschaulicht und über interaktive Elemente vermittelt werden
- Das Ergebnis soll als Tool zur Vertriebsunterstützung und Kundenkommunikation geeignet sein

Im Ergebnis entstand ein Applied Game, das über interaktive Elemente, wie die direkte Ansprache der Spielerin / des Spielers durch den Leiter des Sondermaschinenbaus der Harting Technologiegruppe, sowohl die anfängliche Aufgabe – Zusammenstellen einer Fertigungslinie mit flexiblen Fertigungszellen – als auch die Auftragsvariationen im Spielverlauf vermittelt. Über Mausaktionen konnten die Spieler die jeweiligen Module platzieren. Die angenommene Spielsituation am Arbeitsplatz bzw. in der Interaktion im Kundengespräch setzte eine Konzeption für Desktop bzw. Tablet-Anwendungen voraus. Die Oberfläche wurde browserbasiert programmiert.

4.3 Forschungsergebnisse

Die Studierenden präsentierten das Applied Game auf der Hannover Messe 2017 beim Stand der Harting Technologiegruppe in Halle 11. Sie boten das Spiel, das neben dem realen Aufbau der Fertigungslinie positioniert war, sowohl auf dem Tablet als auch auf einer PC-Station an. Die Studierenden und die Vertriebsmitarbeiter sprachen die Spielerinnen und Spieler an und forderten sie zur Teilnahme auf. Sie begleiteten den Spielverlauf und befragten im Anschluss die Teilnehmerinnen und Teilnehmer mittels eines standardisierten Fragebogens.

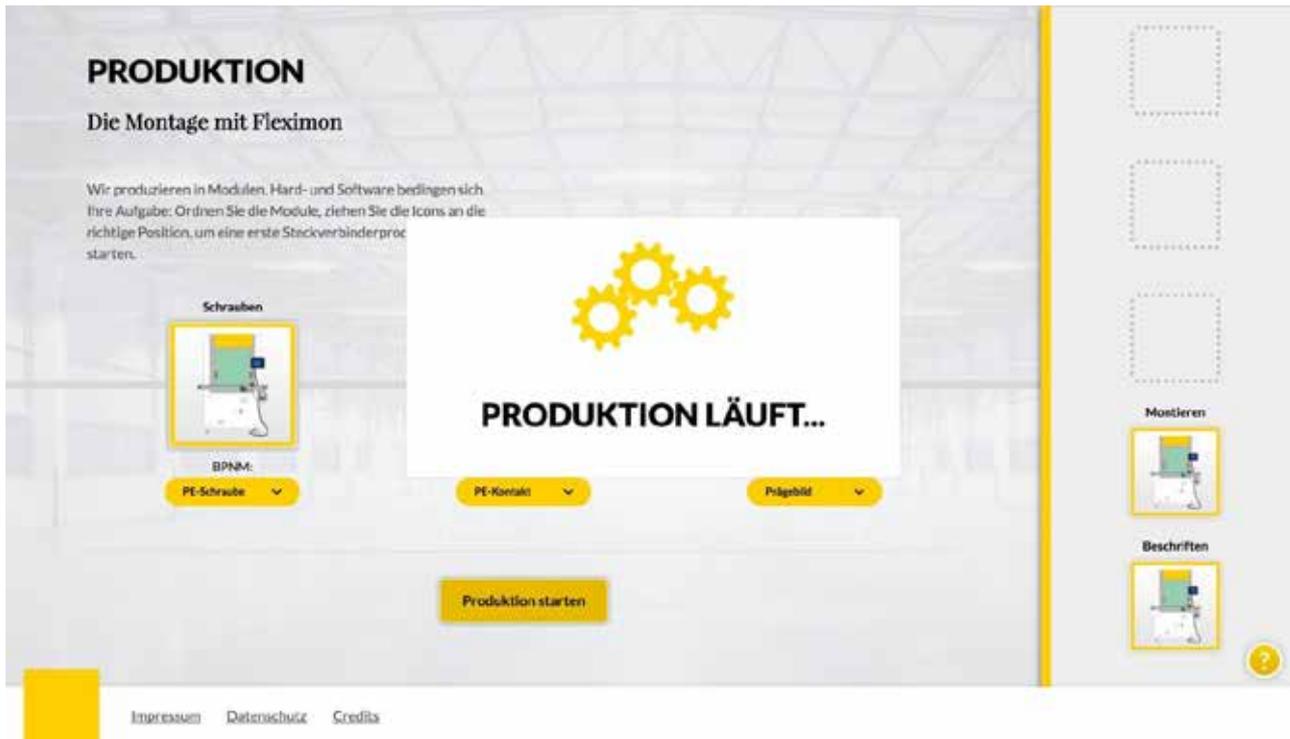
Rahmendaten:

- Die Erhebung erfolgte an den Messetagen Montag bis Donnerstag
- Teilnehmer insgesamt: 50
- Verwertbare Teilnehmer: 47
- Die Verteilung der Teilnehmer auf die Messetage war gleichmäßig
- Der Anteil von Frauen (15 Prozent) und Männern (85 Prozent) spiegelt die Branchensituation

Die Ergebnisse nach Auswertung der Befragung lassen eine positive Bilanz für den Einsatz von Applied Games in der Kundenkommunikation in Investitionsgüterindustrien ziehen.

- Das Applied Game FlexiMon ist insgesamt überaus positiv bewertet worden. Die Gesamtwertung ergibt: 24 Prozent sehr gut und 60 Prozent gut
- In allen Bewertungskriterien wie Spielaufbau, Umsetzung und Verständlichkeit erzielt das Game sehr hohe Bewertungen
- 90 Prozent der Teilnehmer kennen Applied Games bzw. Newsgames nicht aus dem beruflichen Kontext
- Applied Games / Serious Games / Newsgames werden als seriöses und geeignetes Instrument zur Vermittlung komplexer technischer Sachverhalte auch an nichttechnische Zielgruppen erachtet

Die Forschungsfragen lassen sich daraus abgeleitet so beantworten, dass Applied Games oder Gamification-Elemente in der Kunden- und Vertriebskommunikation in B2B-Kontexten geeignete und nach Erleben auch seriöse Instrumente zur Vermittlung von komplexen technischen Sachverhalten sind. Gerade mit Blick auf die Kommunikation von Industrie 4.0 bieten Applied Games das einfache Erschließen von Potentialen, die über klassische Kommunikationstools nicht oder nur mit erheblichem Aufwand gehoben werden können. Mit Blick auf die Arbeitshypothese zum Alter hat sich auch durch die teilnehmende Beobachtung bestätigt, dass jüngere Kohorten das Spielprinzip schneller erfassen konnten und sich souveräner in der Spielumgebung bewegten.



Die Abbildung zeigt einen Screen nach erfolgreicher Anordnung von Produktionsmodulen zu einer Fertigungslinie. Die Spieler müssen per Maus Module aus dem „Magazin“ am rechten Bildrand entnehmen, in einer Fertigungslinie anordnen und danach im Drop-down Menü unter dem Modul die richtige Softwarekonfiguration auswählen. Grafik: Industrial Newsgames GmbH

5. Nachhaltigkeit / Verwertung / wissenschaftliche Arbeiten

Das Lehr-/ Forschungsprojekt ist eingebettet in den Forschungsschwerpunkt zum Thema „Gestaltungsdiskurs Industrie 4.0“, der die kommunikativen Aspekte in der Konturierung neuer Technologiefelder sowie die Bedeutung gesellschaftlicher und fachlicher Diskurse zur Entstehung und Implementierung von Innovationen im Fokus hat. www.th-nuernberg.de/industrie40

Die qualitativen Ergebnisse des Lehr-/ Forschungsprojektes sind die Grundlage für weitergehende quantitative Forschung zur Akzeptanz und Anwendbarkeit von Applied Games in der internen und externen Kommunikation von B2B-Unternehmen.

Das Lehr-/ Forschungsprojekt wurde im Rahmen der EUKO 2016, Interdisziplinäres Symposium der Forschungskooperation Europäische Kulturen in der Wirtschaftskommunikation, an der TU Dresden im Oktober 2016 vorgestellt: „Gamification in der B2B-Kommunikation: Serious Games als Tool zur Kommunikation von Industrie 4.0.“

Die Ergebnisse des hier beschriebenen Projekts sowie die grundlegenden Überlegungen zur Begriffsbildung, Industrial Newsgames oder Applied Games sind im Tagungsband der o.g. Tagung erschienen:

- Banholzer, Volker M. & Robert Weber (2018). Gamification und Innovationskommunikation: Konturierung von Industrie 4.0 vermittelt angewandter Spielformen als Interactive Storytelling. In: Siems, Florian & Marie Papen (Hrsg.) (2018). Technik und Kommunikation. Wiesbaden: Springer VS. S. 239-255.

6. Literatur:

Banholzer, Volker M. (2016a): Technikjournalismus und die soziale Konstruktion von Märkten – Zum Beitrag fachjournalistischer Kommunikation in medialisierten Technik- und Innovationsmärkten; d.i. Schriftenreihe der Technischen Hochschule Nürnberg Band 61.

Banholzer, Volker M. (2016b). Gestaltungsdiskurs Industrie 4.0. Innovationskommunikation und die Etablierung des Konzepts Industrie 4.0 - Akzeptanzaspekte, Frames, Institutionalisierungen; d.i. Schriftenreihe der Technischen Hochschule Nürnberg Band 62.

Meier, Klaus (2017). Journalismus zum Spielen: Newsgames als neues digitales Genre. Theoretische Verortung und explorative Nutzungsstudie. In: Hooffacker, Gabriele & Wolf, Cornelia (2017): Technische Innovationen - Medieninnovationen? Wiesbaden: Springer Fachmedien. S. 47-61.







Integrierte Prozessentwicklung und Prozessautomatisierung

Prof. Dr. Christoph Bayer
Dipl.-Ing. (FH) Michael Größmann
Fakultät Verfahrenstechnik
TH Nürnberg

Wesentliche Projektziele

Gegenstand dieses Projekts ist die Entwicklung eines Demonstrators zur Erprobung von Methoden der Modellbildung, Prozessführung und Prozessautomatisierung. Hierzu wird im Rahmen studentischer Projekte ein bereits bestehendes System, eine Batch-Destillationskolonne, umgestaltet, mit einer neuen Prozesssteuerung versehen und programmiert.

1. Projektdaten

Fördersumme	6.300 Euro
Laufzeit	April 2016 bis März 2018
Fakultät / Institut / Kompetenzzentrum	Fakultät Verfahrenstechnik
Projektleitung	Prof. Dr. Christoph Bayer
Kontaktdaten	E-Mail: christoph.bayer@th-nuernberg.de

2. Ausgangslage

Das Schlagwort „Industrie 4.0“ als Spiegelbild für die Digitalisierung industrieller Wertschöpfungsketten ist derzeit in aller Munde. Dies umfasst eine stärkere Individualisierung von Produkten und Herstellungsprozessen einerseits, und andererseits die Verknüpfung eigener (und fremder) Geschäftsprozessketten mit Monitoring- und Optimierungsmethoden bzw. -werkzeugen [1]. Aus Sicht der Verfahrens- und Prozesstechnik führt dies zu einer tiefen IT-Integration aller Schritte von der Entwicklung, Planung und Umsetzung von Produktionsprozessen bis zum automatischen Anlagenbetrieb einschließlich dynamischer Anlagenoptimierung und zugehöriger Logistikprozesse.

Die verfahrenstechnische Praxis ist geprägt von der statischen Anwendung von Auslegungs- und Betriebsrichtlinien sowie der kostenoptimalen Apparate- und Anlagengestaltung, all dies gepaart mit dem Zielbild der res-sourcenschonenden Produktion. Die Optimierung des Anlagenbetriebs erfolgt in der Regel durch die geeignete Wahl von stationären Betriebspunkten. Die einzelnen Tätigkeiten, angefangen von der Verfahrensentwicklung und dem Anlagenbau bis zum späteren Betrieb, werden weitgehend getrennt voneinander durchgeführt; die Kopplung z. B. von Betriebsdaten mit Auslegungsmodellen ist überraschend wenig verbreitet.

Mit Hochdruck arbeiten Unternehmen und Forschungseinrichtungen an der Auflösung des Widerspruchs von gegenwärtiger verfahrenstechnischer Praxis und zukünftiger Digitalisierung von Wertschöpfungsketten. Es ist erforderlich, dass sich der höhere Automatisierungsgrad und die verstärkte Integration von Informationstechno-

logie in Planung, Fertigung und Betrieb in besonderem Maße auch in der Lehre und Ausbildung zukünftiger Ingenieure niederschlagen. Eine mögliche Entwicklungsrichtung basiert auf der verstärkten Berücksichtigung und Integration der folgenden vier Aspekte:

- Modellentwicklung zu Auslegungszwecken
- Einrichtung und Programmierung von Prozessleitsystemen
- Modellbasierte Betriebsoptimierung
- Überführung der Ergebnisse der Optimierungsrechnungen in die Prozessleitsysteme und der Betriebsdaten an den Optimierer

Erreicht werden kann dies, indem die Themen Prozessanalyse und Prozessführung in Vorlesungen zur Modellentwicklung integriert und dauerhaft verankert werden. Zu diesem Zweck befasst sich dieses Lehrforschungsprojekt mit der Entwicklung eines geeigneten Demonstrationssystems als Lehr- und Forschungsplattform.

3. Ziele des Forschungsprojekts

Zweck und Ziel des Lehrforschungsprojekts auf technischer Ebene ist die Konzeption und Entwicklung eines Demonstrators als Plattform für Lehr- und Forschungsaktivitäten rund um die Themen modellbasierte Prozessführung und Prozessoptimierung. Insbesondere die Prozessleit- und Regelungstechnik sowie die Umsetzung und Einbindung von Software sollen dem aktuellen Stand der industriell-relevanten Technik entsprechen.

Die Studierenden betreten mit solch einem Entwicklungsprojekt Neuland. Inhaltlich und methodisch sind sie weitgehend unvorbereitet und müssen daher immer wieder Bestehendes hinterfragen und sich Neues aneignen. Mindestens gleichwertig zu dem technischen Ziel sind daher die folgenden Lernziele auf Seite der Studierenden:

- Die Studierenden sollen einen souveränen Umgang mit einer großen Aufgabe einüben, deren Umfang und deren inhaltliche Schwierigkeiten nicht in Gänze absehbar sind. Hierzu gehört es u. a. zeitliche Unsicherheiten angemessen zu berücksichtigen.
- Die Studierenden arbeiten in Teams, wobei jedes Team zahlreiche inhaltliche Schnittstellen zu den anderen Teams hat. Ein Lernziel besteht daher in der systematischen Dokumentation und Kommunikation relevanter technischer Sachverhalte zwecks Austauschs mit anderen Beteiligten.
- Zur Beherrschung der inhaltlichen Tiefe werden die Studierenden mit Methoden der Systemabstraktion bekannt gemacht und üben diese ein.

4. Herangehensweise und Forschungsergebnisse

Als Demonstrator und Studienobjekt für studentische Projekte besonders geeignet erscheint eine bereits vorhandene Batch-Rektifikationskolonne im Labor für thermische Verfahrenstechnik. Diese wurde bislang im Rahmen von Praktikumsversuchen händisch betrieben, wobei die Prozessführung (naturgemäß) zeitabhängig ist. Der Kolonne fehlten u. a. ein Prozessrechner und damit eine moderne Prozesssteuerung. Die installierte Mess- und Steuerungstechnik war bzw. ist nicht mehr zeitgemäß.

Das Projekt ist in mehrere Arbeitspakete gegliedert, die zu einem der folgenden drei Themenkomplexe gehören:

- Umgestaltung der vorhandenen Rektifikationskolonne

- Entwicklung einer einfachen Prozesssteuerung für den Anlagenbetrieb
- Entwicklung und Einbindung eines Kolonnenmodells

Das Vorhaben gliedert sich in die folgenden 5 Arbeitspakete:

AP1 Umgestaltung und Umbau der Kolonne, insb. Aufbau der Prozesssteuerung und Inbetriebnahme
Verdrahtung der Mess- und Stellgeräte und Integration in die Prozesssteuerung
Programmierung der Prozesssteuerung für den einfachen Betrieb (ohne Modell)

AP2 Evaluation der Kopplungsmöglichkeiten der Prozesssteuerung mit externer Software,
z. B. mittels OPC, einer standardisierten Softwareschnittstelle
Evaluation der Kopplungsmöglichkeiten seitens der Simulations- und Modellierungsanwendungen,
insb. seitens Matlab und Aspen Batch

AP3 Entwicklung einer möglichst einfachen Implementierung, eines Proof-of-Concept

AP4 Entwicklung eines einfachen Kolonnenmodells mithilfe von Matlab
Anpassung und Weiterentwicklung eines existierenden Modells in Aspen Batch

AP5 Kopplung von Kolonnenmodell mit Prozesssteuerung
Betrieb der Kolonne mithilfe des Modells

Die Umgestaltung der vorhandenen Rektifikationskolonne (AP1) adressierten 2 Projektgruppen im Rahmen eines Projektkurses im 5. Semester des Studiengangs Verfahrenstechnik, um die Batch-Kolonne über einen weiten Leistungsbereich betreiben zu können. Dies ist erforderlich, um die erheblichen Änderungen in der Zusammensetzung führen und die damit einhergehenden Änderungen in der Flüchtigkeit einzelner Komponenten optimal erfassen zu können. Von Änderungen betroffen ist vor allem der Kopf der Kolonne, wo das Produkt niedergeschlagen und abgezogen wird. Die beiden Gruppen schlossen ihre Planungen mit dem Wintersemester 2016 / 17 ab.

Zwei weitere Projektgruppen gingen die Entwicklung einer einfachen Prozesssteuerung (AP1) und die zugehörige Prozessbeschreibung in besagtem Projektkurs an. Hierbei definierten sie die Mess- und Regelstellen, beschrieben den Ablauf der Inbetriebnahme der Kolonne und den Kolonnenbetrieb und setzten ihn schlussendlich in der Prozesssteuerung erfolgreich um. Hierbei kam das Werkzeug Siemens TIA V13 zur Programmierung der Prozesssteuerung mit den Sprachen FUP und S7-Graph zum Einsatz. Die Studierenden validierten die Programmierung in der Umgebung PLCSIM.

Ein erstes, einfaches Kolonnenmodell entwickelten Studierende im 7. Semester des Studiengangs Energieprozess-technik in der Veranstaltung Modellierung und implementierten es in Matlab (AP4). Ein weiteres Modell setzten sie in Aspen Batch um und überarbeiteten es. Aus dem Aspen Batch-Modell stammen die in Abbil-

Abbildung 1 zeigt die dargelegten Verläufe der Heizleistung und der Konzentrationen für ein Beispielsystem. Hierbei sollten die Projektgruppen das Gemisch in möglichst kurzer Zeit in technisch-reine Bestandteile auftrennen, eine typische Fragestellung in der chemischen und pharmazeutischen Industrie.

Parallel dazu lotete ein Student die Kopplungsmöglichkeiten zwischen Simulationssoftware und Prozesssteuerung aus (AP2). Aus der Prozesssteuerung heraus lassen sich in C++ entwickelte (Siemens ODK) und unter Windows lauffähige Programme aufrufen. Hierüber lässt sich insbesondere auch die Rechenumgebung Matlab ankopplern (Matlab Engine API), um die im AP4 entwickelten Modelle auszuwerten. Eine Ankopplung an Aspen Batch, einem anderen Software-Werkzeug, ist außerdem via OPC möglich.

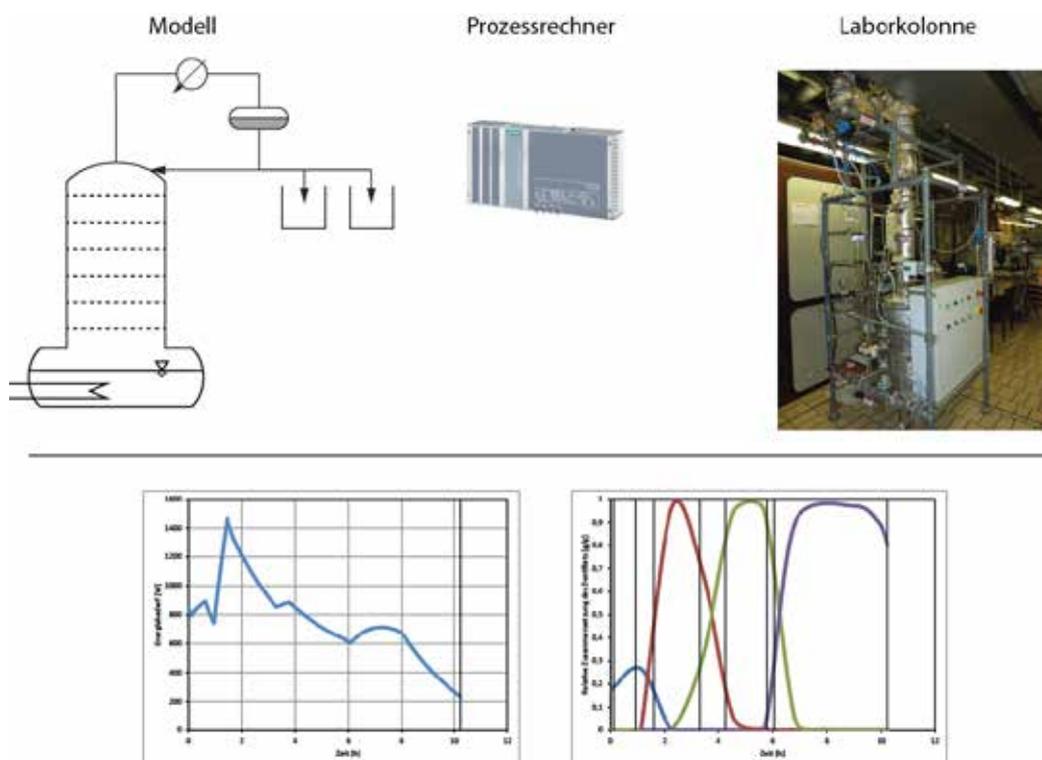


Abbildung 1: Prozessrechner als verbindendes Element zwischen Modell und Laborkolonne (oben); errechnete Verläufe der Heizleistung (unten links) und des Produktspektrums über die Zeit (unten rechts) für ein Beispielsystem; Grafik und Foto: Christoph Bayer

Der mechanische Umbau der Kolonne erfolgte im Sommersemester 2017 und im Wintersemester 2017 / 18 einschließlich Inbetriebnahme der modifizierten Kolonne und der Prozesssteuerung (AP3 / AP5).

5. Nachhaltigkeit / Verwertung / wissenschaftliche Arbeiten

Die Entwicklung des Demonstrators wurde angestoßen, um den Studierenden die Möglichkeit zu bieten

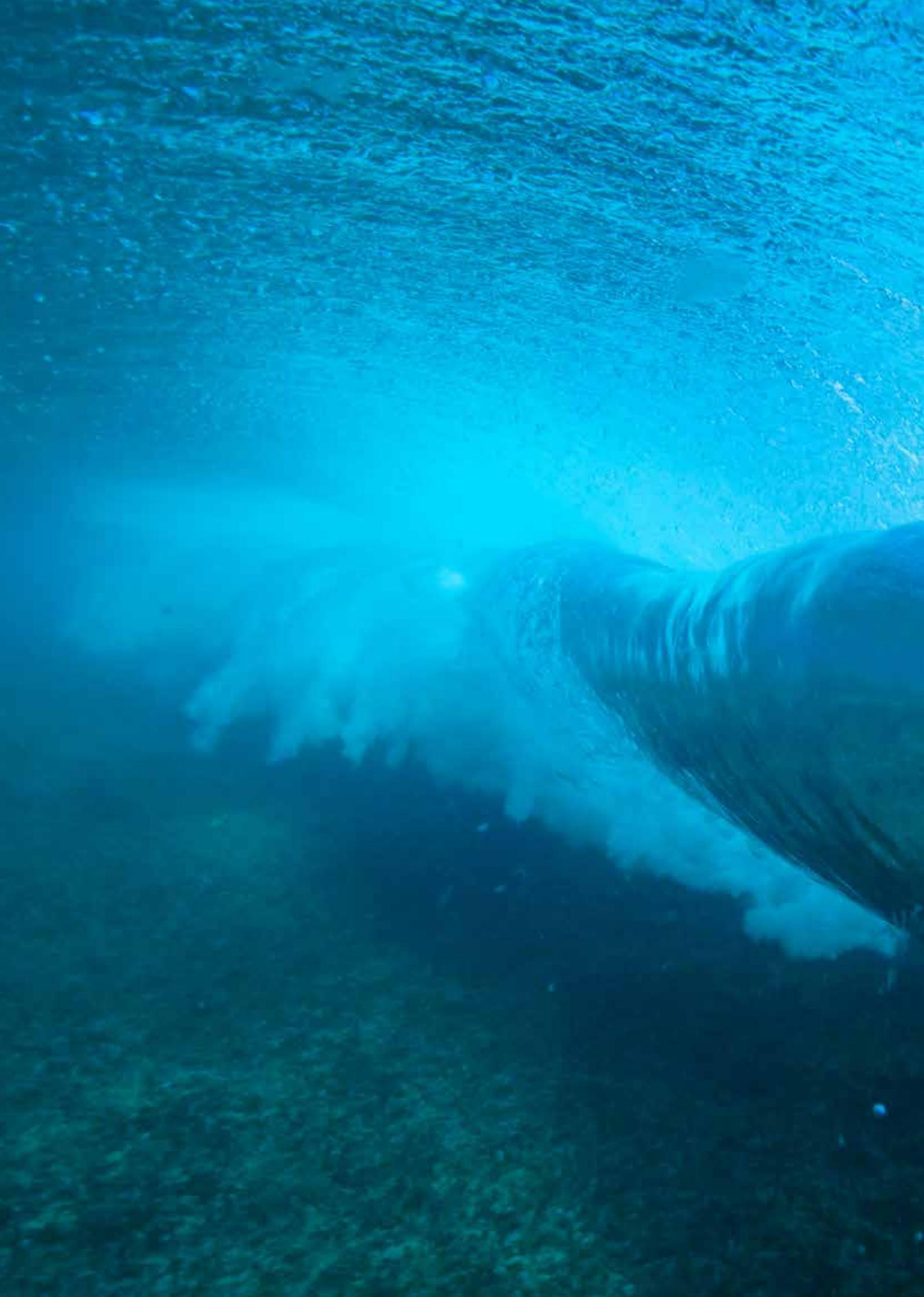
- Eigenständig an und mit einer industriell-relevanten Prozesssteuerung arbeiten zu können
- Die Möglichkeiten der modellbasierten Prozessführung selbständig erproben zu können
- Numerische Verfahren an einem realen System anwenden zu können

Der Demonstrator und die Arbeit mit ihm werden sukzessive in den Veranstaltungen „Modellierung“ (Energieprozesstechnik, Semester 7) und „rechnergestützte Prozessauslegung“ (Chemieingenieurwesen, Master) verankert.

Abgesehen davon dient der Demonstrator zur Erprobung von Methoden der optimalen Prozessführung und ist damit die Basis für weitergehende wissenschaftliche Studien.

6. Literatur

[1] <https://www.bmbf.de/de/zukunftsprojekt-industrie-4-0-848.html>







Wellen als Energiequelle und Bemessungsgröße (W-E-B)

Prof. Dr.-Ing. habil. Dirk Carstensen
Dipl.-Ing.(FH), M. Sc. Tilo Vollweiler
Fakultät Bauingenieurwesen
TH Nürnberg

Wellen auf Meeren und Wasserspeichern haben im Kontext der Gewinnung regenerativer Energie eine hohe Bedeutung. Sie sind die Energiequelle für Wellenkraftwerke und zugleich müssen sie bei der Optimierung der Kapazität von Wasserkraftanlagen im Rahmen der Freibordbemessung berücksichtigt werden. Durch einen speziell errichteten Versuchsstand können Studierende in der praktischen Lehre der Bachelor- und Masterstudiengänge sowohl die potenziellen und kinetischen Anteile von Wellen analysieren und in Verbindung mit Energiewandlersystemen quantifizieren als auch die Interaktion von Wellen und Strukturelementen hinsichtlich der Bauwerksbemessung untersuchen.

Wesentliche Projektziele

Aufgrund der Variabilität der Versuchseinrichtung ist es künftig möglich, dass Studierende auch in Abschlussarbeiten Spezialthemen aufgreifen und vertieft behandeln können. Die Modellergebnisse aus Abschluss-Projekten wie auch in der Projekten in der Grundlagenforschung sind u.a. geeignet, hydrodynamisch-numerische Modelle zu validieren.

1. Projektdaten

Fördersumme	9.660 Euro
Laufzeit	Juni bis Dezember 2016
Fakultät / Institut / Kompetenzzentrum	Fakultät Bauingenieurwesen, Labor für Wasserbau (LWN)
Projektleitung	Prof. Dr.-Ing. habil. Dirk Carstensen
Kontaktdaten	E-Mail: dirk.carstensen@th-nuernberg.de

2. Ausgangslage

Der Ausbau und die effiziente Nutzung der regenerativen Energien sind eine Option zur Erfüllung des ehrgeizigen Ziels der 21. UN-Klimakonferenz 2015 in Paris, die globale Erwärmung auf deutlich unter 2° C zu begrenzen. Neben den zum Teil bereits intensiv genutzten Energiequellen Wasserkraft (Laufwasserkraft- und Speicherkraftwerke), Sonnenenergie, Windkraft, Geothermie und Biomasse steht die schier unerschöpfliche Quelle der Meeresenergie zur Verfügung. Aber nicht nur die Nutzung der Meeresenergie in Form der Wellenenergiegewinnung ist ein aktuelles Thema im Rahmen der regenerativen Energie, sondern auch die Optimierung / Vergrößerung von Speicherlamellen an binnenländischen Wasserspeichern oder Pumpspeicherkraftwerken ist ein Schwerpunkt der Anlagenbetreiber. Letztere Maßnahme wirkt sich auf die Wellenbelastung für die Absperrbauwerke (Wellenauflauf, Druckkräfte durch brandende Wellen (Aigner & Carstensen, 2015)) und den in Deutschland nach DIN 19700 einzuhaltenden Freibord der einzelnen Anlagen aus (vgl. Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.).

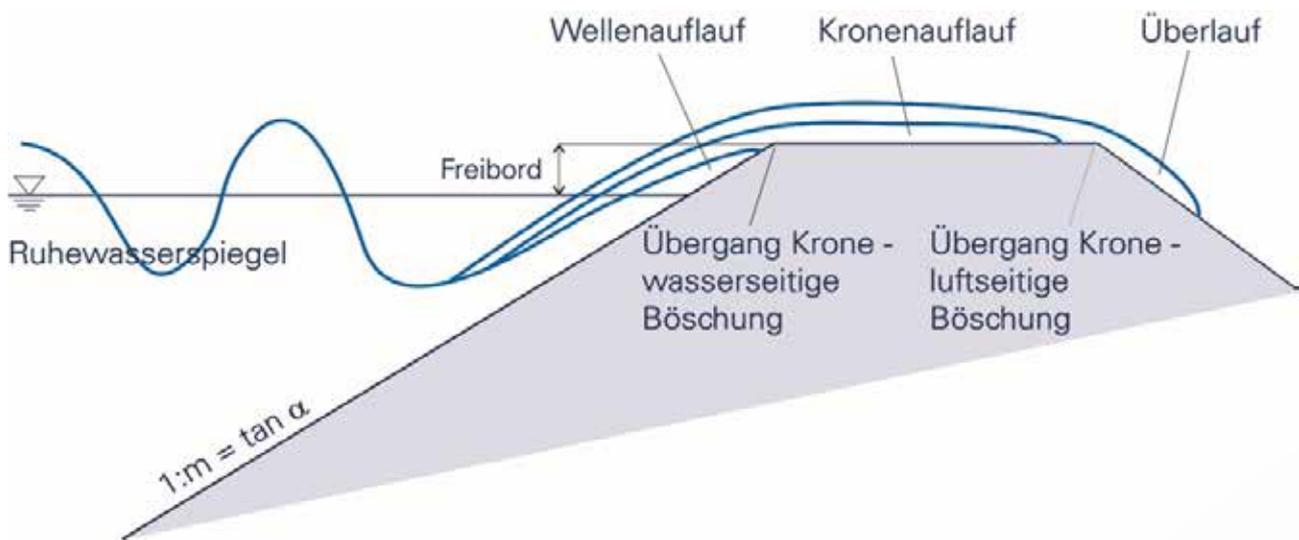


Abbildung 1: Prinzip des Wellenaufbaus an einem Dammbauwerk; Grafik: IWWN, 2016

Die Untersuchung der o. g. Fragestellungen oder die Demonstration der einzelnen Phänomene war in den Praktika der Fächer Strömungsmechanik und Wasserbau innerhalb des Bauingenieurstudiums an der TH Nürnberg bisher nicht möglich. Es fehlte ein spezieller Versuchsstand, mit dem es möglich ist, die potenziellen und kinetischen Anteile von Wellen zu analysieren und in Verbindung mit Energiewandlersystemen quantifizieren zu können. Ebenso war es nicht möglich, die Interaktion von Wellen und Strukturelementen im Rahmen der Bauwerksbemessung mittels eines Laborversuchs zu untersuchen.

3. Ziele des Forschungsprojekts

Im Rahmen der „Studentischen Forschungsgruppe (StuFo) Wasserbau und Strömungsmechanik“, die einen wichtigen Bestandteil im Rahmen der Verknüpfung von Lehre und Forschung sowie bei der Befähigung von Studierenden zum eigenständigen Kompetenzerwerb darstellt, sollten die Studierenden einen primitiven, im Jahr 2013 eigenständig erstellten und gegenwärtig im Wasserbau-Praktikum der Bachelorausbildung eingesetzten Wellenversuchsstand in der Glasrinne des Wasserbaulabors weiter entwickeln, um damit folgende Aspekte realisieren zu können:

- Die in einer Wasser-Welle enthaltene Energie, bestehend aus einem potentiellen und einem kinetischen Anteil, von den Studierenden unter Nutzung vorhandener Laser- und Ultraschallmesstechnik zu analysieren
- Die Prinzipien der zur Zeit bekannten Energiewandlersysteme zu visualisieren und die potenziellen und kinetischen Anteile der Welle mit Messwerten belegen zu können
- Prinzip der Ausnutzung des potentiellen Energieanteils: Profilveränderung der laufenden Welle; Druckschwankungen unterhalb der Oberfläche
- Prinzip der Ausnutzung des kinetischen Energieanteils: Orbitalbewegung der Wasserteilchen; longitudinale Bewegung der Wasserteilchen im flachen Wasser
- Forschungs- und Abschlussarbeiten (Bachelor und Master) zu Wellenenergiegewinnungsanlagen oder zum Wellenaufbau durch Messungen am physikalischen Modell zu unterstützen

- Derartige Energiewandlersysteme in der studentischen Ausbildung (Wasserbau und Strömungsmechanik (Bauingenieurwesen), Energieprozesstechnik (Verfahrenstechnik), Grundlagen regenerativer Energiesysteme (Energie Campus Nürnberg), ...) und in der Öffentlichkeitsarbeit der Hochschule zu implementieren
- Versuche zum Wellenauflauf, unter Berücksichtigung verschiedenster geometrischer Parameter und der Oberflächenrauheit sowie zur Funktion von Wellenumlenkern hinsichtlich der Freibordoptimierung durchführen zu können

Die aufgezählten Punkte bestimmen ebenfalls maßgeblich die Forschungstätigkeit am Institut für Wasserbau und Wasserwirtschaft (IWWN) mit dem Labor für Wasserbau der TH Nürnberg (LWN). So untersuchen die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler aktuell in einem von der STAEDTLER Stiftung unterstützten Forschungsprojekt den Wellenauflauf sowie die Formgebung und Stationierung von Wellenumlenkern an bzw. auf Kronen von Dämmen oder Absperrbauwerken mittels dreidimensionaler hydrodynamisch-numerischer Simulation.

Das IWWN führt die Forschung stets im Zusammenhang mit der studentischen Ausbildung sowie unter Einbeziehung der studentischen Forschungsgruppe und der Forschungsmaster durch. Gegenwärtig und in der Vergangenheit führte das Institut Projekte der angewandten Forschung mit Landesbehörden (Wasserwirtschaftsbehörden, Talsperrenverwaltungen, etc.) und Ingenieurgesellschaften gerade zur Überflutungssicherheit und zur Wellenausbreitung und damit im Zusammenhang stehenden Belastungsgrößen durch.

4. Herangehensweise und Forschungsergebnisse

Die Kraft der Wellen kann auf hoher See durch große, schwimmende Einheiten, aber auch küstennah durch kleinere Umwandlungsanlagen genutzt werden (Dean & Dalrymple, 1991). Die größte Bedeutung unter den Anlagen zur Wellenenergiegewinnung haben die Anlagen, die auf dem Prinzip der schwingenden Wassersäule basieren. Es handelt sich dabei um eine hydraulische Turbine, die den potenziellen Energieanteil ausnutzt. Sie besteht aus einer nach unten offenen Kammer, in der eine Wassersäule und damit eine Luftsäule auf und ab schwingt (Zanke, 2013). Je nach Konstruktionstyp treibt das Wasser direkt oder indirekt die Turbine an, wobei derzeit dem indirekten Antrieb über eine in Bewegung versetzte Luftsäule eine höhere Priorität beigemessen wird. Die Strömungsgeschwindigkeiten sind in diesem Fall größer und die Lebensdauer der Anlage kann höher angesetzt werden.

Eine auf dem beschriebenen Prinzip basierende Umwandlungsanlage wurde maßstäblich in die Versuchsanlage des IWWN bzw. LWN integriert. Mittels installierter Generatortechnik aus dem Modellbaubereich kann die welleninduzierte Energie erfasst und fachlich bewertet werden. An einer am LWN vorhandenen PIV-Anlage (Particle Image Velocimetry) können die Ausbildung der Orbitalbahnen der Teilchen sowie Wellenumbildungsprozesse, wie Reflexion und Transmission, nachgewiesen werden.

Zukünftig ergeben sich mit großer Sicherheit, wie schon bei verschiedenen, zurückliegenden Projekten (Wasserkraftschnecke, Pumpenoptimierung, usw.) Kooperationspotenziale mit dem Institut ELSYS oder dem EnCN.

Die in der Bachelorausbildung und im Rahmen der StuFo zukünftig einsetzbare Versuchstechnik wird der praktischen Anwendung von Grundlagenwissen bezüglich der in einer Welle enthaltene Energie dienen.

Die Studierenden können:

- Im Rahmen der Vorlesung mittels der am Versuchsstand aufgezeichneten Videos die physikalischen Vorgänge innerhalb der Wellenentstehung und der Wellenausbreitung erkennen sowie
- Im Rahmen des Praktikums den potentiellen Anteil der Wellenbewegung infolge der Schwerpunktverschiebung der Wassermasse aus der Ruhelage und den kinetischen Anteil infolge der am Ort verbleibenden Orbitalbewegung (Kreis- oder Ellipsenbahnen) der Wasserteilchen ermitteln. Es ist ihnen weiterhin möglich, mittels der Anwendung der linearen Wellentheorie den Energiegehalt einer Welle

$$E_{We} = E_P + E_K = \frac{1}{8 \cdot 3.600} \cdot \rho_W \cdot g \cdot b \cdot H^2 \cdot L$$

E_{We} = Wellenenergie [Wh]; E_P , E_K = potenzielle, kinetische Energie

b = Breite [m], in der Regel Einheitsbreite $b = 1\text{m}$

H = Wellenhöhe [m]; L = Wellenlänge [m]

ρ_W = Dichte von Wasser [kg/m^3]; g = Fallbeschleunigung [$9,81 \text{ m}/\text{s}^2$]; T = Wellenperiode [s].

zu berechnen.

- Und während des Praktikums u. a. die Kompetenz zu erwerben, die Wellenleistung P als das Produkt der auf eine vertikale Ebene wirkenden Kraft und der Strömungsgeschwindigkeit durch diese Fläche hindurch zu bestimmen. Diese ergibt sich im Tiefwasser ($d/L > 0,5$ (d = Ruhewassertiefe)) z. B. pro Breitereinheit zu:

$$P = \frac{\rho_W \cdot g^2}{32 \cdot \pi} \cdot H^2 \cdot T \cong H^2 \cdot T \quad [\text{W} / \text{m}].$$

Die Unterschiede der Teilchenbewegung (Orbitalbahnen, Ellipsen, translatorische Bewegungen) sind kausal mit der bei der Wellenausbreitung zur Verfügung stehenden Wassertiefe in Verbindung zu bringen. Entsprechend Abbildung 2 und Abbildung 3 war zu berücksichtigen, dass es möglich sein muss, die Wellenmaschine unter Berücksichtigung der Wassertiefe und des Ruhewasser / Wellenlängen-Verhältnisses auf die zutreffende Antriebsart (Flap, Pusher & Flap sowie Pusher) einzustellen (vgl. Abbildung 3). Hierauf stimmten die Studierenden die technische Konstruktion des Schiebe- und / oder Paddelschildes sowie die maximale Wassertiefe in der Versuchsrinne ab. Die Arbeiten erfolgten nach folgendem Ablauf:

- Installation des Wellenerzeugers, bestehend aus steuerbarem Antrieb und Schild des Wellengenerators im Rahmen der studentischen Forschungsgruppe, Testversuche,
- Erhöhung der Rinnenaußenwände mittels Plexiglas, um die Generierung von Tiefwasserwellen garantieren zu können,
- Programmierung der Steuerung des Antriebes zur Erzeugung von regelmäßigen und unregelmäßigen / spektralen Wellen.

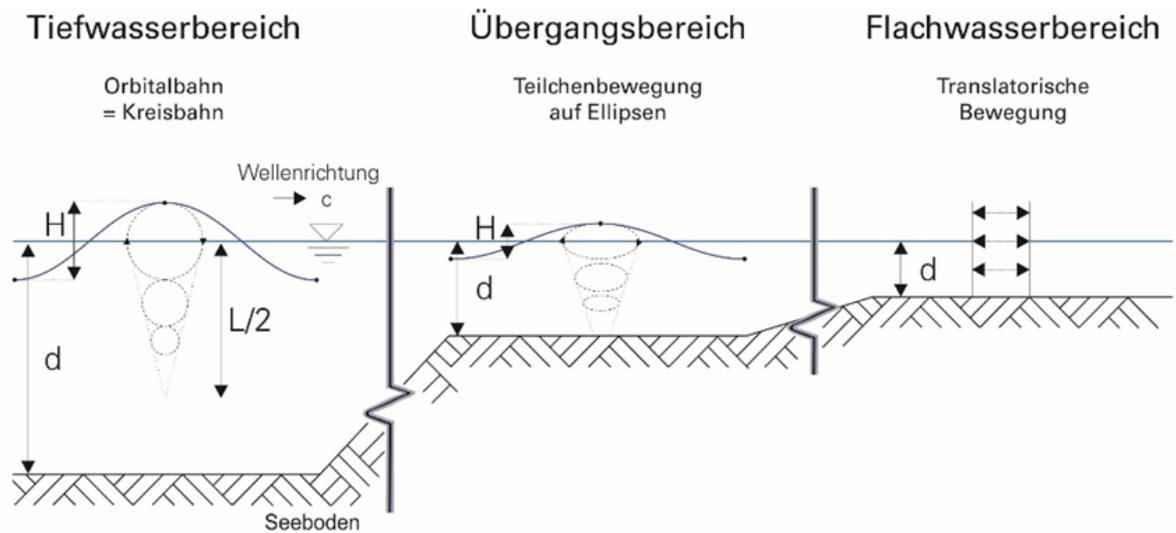


Abbildung 2: Bewegung der Wasserteilchen in einer Welle in Abhängigkeit von der Wassertiefe; Grafik: IWWN, 2016

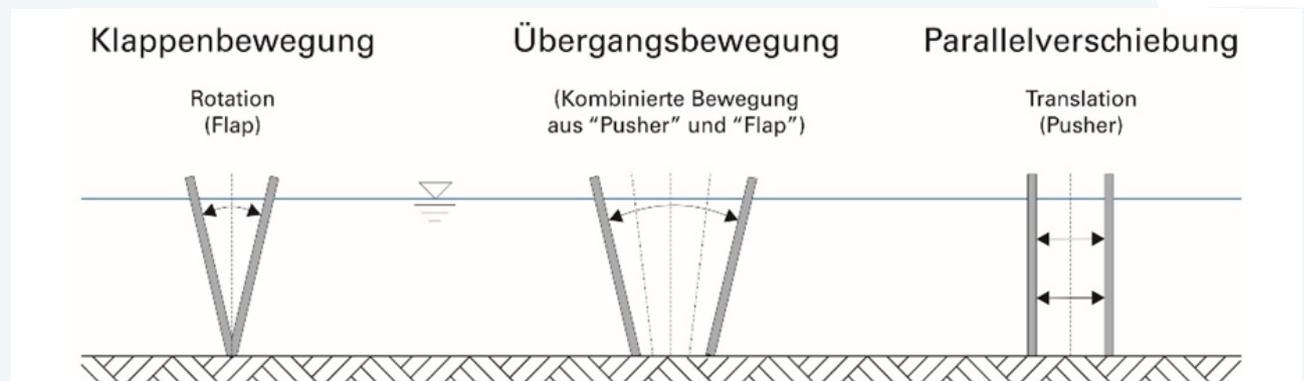


Abbildung 3: Prinzip der Bewegung des Wellengenerators zur Erzeugung von Wellen im Kanal; Grafik: IWWN, 2016

Nachdem das IWWN die Wellenerzeugung installiert und in Betrieb genommen hat, konnten die Studierenden erste, grundlegende Versuche durchführen. Sie statteten die Wellenrinne am Ende mit einer schrägen Ebene aus, die in der Natur eine Böschung darstellt und im Kanal den Brechvorgang erzwingt, sowie einer Absorptionseinheit zur Aufnahme der verbliebenen Wellenenergie und zur Minimierung der Reflexion von Wellenenergie. Durch den Betrieb der Welleneinheit haben die Studierenden Tiefwasserwellen mittels Klappenbewegung und gleichförmiger Frequenz angeregt. Nachdem die Wellen den Versuchskanal durchlaufen haben, treffen sie auf die schräge Ebene, die als Strand oder Böschung dient (vgl. Abbildung 4.). Die Wasserteilchen beschreiben im tieferen Teil der Versuchsrinne kreisförmige Orbitalbahnen, die von der Oberfläche zur Sohle immer kleinere Radien aufweisen (vgl. Abbildung 2). Im Bereich der Böschung können sich die Orbitalbahnen in der Tiefe nicht mehr vollständig ausbilden. Dabei läuft die Orbitalbewegung der oberflächennahen Wasserteilchen auf der Ebene des Strandes auf und es bilden sich überschlagende Brecher (vgl. Abbildung 4). In diesem Bereich findet eine Umwandlung von Energieübertragung ohne Massetransport zu Massetransport statt. Auf der Böschung ist der Brechvorgang sowie der Wellenauflauf zu beobachten. Beispielsweise über Ultraschallpegelmessstellen (BAW, 2007) kann die Wellenbewegung in der Versuchsrinne aufgezeichnet und für die spätere Analyse gespeichert werden. Die so gewonnen Ergebnisse dienen als Grundlage für alle weiterführenden Untersuchungen (vgl. Abbildung 5).



Abbildung 4: Sequenzen der Ausbildung eines Sturzbrechers auf einer flach geneigten Böschung; Fotos: IWWN, 2016

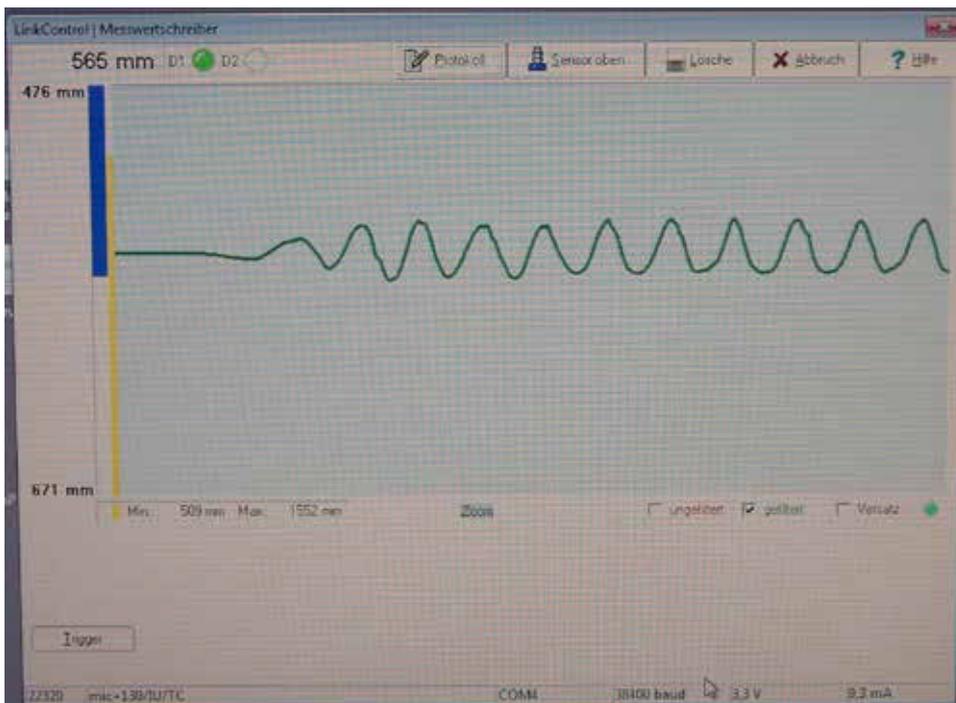


Abbildung 5: Darstellung der softwareseitigen Aufzeichnung und Visualisierung der erzeugten Welle(n); Grafik: IWWN, 2016

5. Nachhaltigkeit / Verwertung / wissenschaftliche Arbeiten

Die Flexibilität der Versuchsanlage ermöglicht langfristig eine Vielzahl von unterschiedlichsten Versuchs-Szenarien. So sollen neben den schon genannten Aufgaben kurzfristig folgende Themen bearbeitet werden:

- Anfertigung von OWC-Bojen (Oscillating Water Column – Boje nach dem Prinzip der oszillierenden Wassersäule) inkl. Modellversuche
- Aufbau einer schrägen Aufaufebene zur Aufnahme verschiedener Oberflächenrauheiten und unterschiedlich ausgebildeter Wellenumlenker
- Modelltechnische, maßstäbliche Erstellung und Testung von Wellenumlenkern

Mit den Erkenntnissen aus diesen Versuchsergebnissen können weitere Fragestellungen auch aus dem wissenschaftlichen Bereich bearbeitet werden. Hier besteht die Möglichkeit, die Ergebnisse aus numerischen Berechnungen durch entsprechende physikalische Modelluntersuchungen zu verifizieren. Aber auch öffentliche Demonstrationsversuche, z. B. im Rahmen der Langen Nacht der Wissenschaften, können einem breiten Publikum einerseits die Komplexität des physikalischen Systems von Energiegewinnungsanlagen auf der Grundlage der Wellenkraft und andererseits die Bedeutung physikalischer Modellversuche für den Erkenntnisgewinn vermitteln. Aufgrund der Verwendung entsprechend hochwertiger Materialien ist eine Einsatzdauer über viele Jahre gewährleistet, so dass die Nachhaltigkeit der Investitionen gesichert ist.

6. Literatur

- Aigner, D., & Carstensen, D. (2015). Technische Hydromechanik 2: Spezialfälle (Bd. 2). Berlin: Beuth Verlag GmbH.
BAW Bundesanstalt für Wasserbau. (Juli 2007). Wasserbauliches Versuchswesen. Mitteilungsblatt der Bundesanstalt für Wasserbau, Nr. 90.
- Dean, R. G., & Dalrymple, R. A. (1991). Advanced Series on Ocean Engineering: Water Wave Mechanics for Engineers and Scientists (Bd. Volume 2). World Scientific Publishing Co Inc.
- Zanke, U. C. (2013). Hydromechanik der Gerinne und Küstengewässer: Für Bauingenieure, Umwelt-und Geowissenschaftler. Springer-Verlag.







1. Industrie 4.0: Auswirkungen auf die Unternehmensführung
2. Innovationsmanagement im internationalen Vergleich und im regionalen Umfeld

Prof. Dr. Werner Fees
Fakultät Betriebswirtschaft
TH Nürnberg

Zum Thema Industrie 4.0 ist inzwischen eine große Zahl von Publikationen mit unterschiedlichem Fokus publiziert worden. Dabei ist allerdings festzustellen, dass die hierin behandelte Problematik sich nahezu ausschließlich den technischen und hier vornehmlich IT-bezogenen Themen widmet. Immerhin mehren sich auch Beiträge, die am Rande auch die Frage nach den erforderlichen „Skills“ der Arbeitnehmer aufwerfen.

Wesentliche Projektziele

Erstaunlicherweise fragt aber niemand nach den zukünftigen (veränderten) Herausforderungen für das obere Management. Geht man einfach davon aus, dass sich den Managerinnen und Managern durch diese Revolution keine neuartigen Herausforderungen stellen werden? Oder dass das Management schon in der Lage sein wird, diese ohne größere Probleme zu meistern?

Diese generelle Fragestellung haben (internationale) Studierende in verschiedenen Workshops ausgiebig diskutiert. Aufgeteilt nach Funktionsbereichen und auch nach Ländern haben die Studierenden die Auswirkungen auf die Unternehmensstrategie, den Vertrieb, die Supply Chain etc. untersucht sowie Ländervergleiche zwischen Deutschland und China bzw. Südkorea angestellt. Die Ergebnisse konnte die Fakultät Betriebswirtschaft unmittelbar in die Lehrveranstaltungen einbeziehen. Das Projekt zum Innovationspotenzial mittelständischer Unternehmen hat die Fakultät bereits vor einigen Jahren angestoßen. Bisher liegen schon Ergebnisse zu acht Ländern vor. In 2016 startete die Analyse der Länder Brasilien und Iran. Durch diese Studien können die Studierenden eingehend verstehen, welche Einflussfaktoren auf die unternehmerische Innovation einwirken, wie sie kulturell beeinflusst werden und wie sie ggf. beeinflusst werden können. Die Studierenden nahmen in diesem Projekt Länderanalysen vor, erhoben per Fragebogen in den Ländern die Daten und haben diese mit Hilfe von SPSS ausgewertet.

1. Projektdaten

Fördersumme	5.000 Euro
Laufzeit	Januar bis Dezember 2016
Fakultät / Institut / Kompetenzzentrum	Fakultät Betriebswirtschaft
Projektleitung	Prof. Dr. Werner Fees
Kontaktdaten	E-Mail: werner.fees@th-nuernberg.de

2. Ausgangslage

A. Industrie 4.0: Auswirkungen auf die Unternehmensführung

Industrie 4.0 - in Deutschland auch als 4. Industrielle Revolution bezeichnet - ist seit einigen Jahren das Schlagwort im industriellen Sektor. Ausgehend von der High-Tech-Initiative der Bundesregierung ist die digitale Transformation zum zentralen Punkt der wirtschaftlichen Weiterentwicklung geworden. Die Publikationen zu diesem Thema beherrschen die einschlägige Fachpresse, täglich findet man Ankündigungen für Konferenzen, Workshops, Best Practices usw.

Es ist jedoch festzustellen, dass die Diskussion ganz überwiegend oder fast ausschließlich im technischen bzw. im IT-Bereich stattfindet. Allenfalls wird ab und zu darüber diskutiert, welche Skills Arbeitnehmer zukünftig brauchen werden und welche Arbeiten eventuell überflüssig werden. Man schätzt etwa, dass nach heutigem Stand bei der vollständigen Einführung von Industrie 4.0 in China ca. 500 Millionen Arbeitsplätze wegfallen würden. Was nur sehr selektiv diskutiert wird, ist die Frage, was sich im Management der Unternehmen ändern wird. Versteht man Management als einen Prozess, der folgende Funktionen umfasst:

- Zielsetzung und Planung
- Organisatorische Strukturen, Prozesse und Fragen der Unternehmenskultur
- Personalwirtschaftliche Themen
- Führung (Leadership, Directing)
- Kontrolle

... dann ist zu analysieren, ob und inwieweit auch diese Managementaufgaben von der „Revolution“ betroffen sind. Und dies ist natürlich eine wesentliche Frage für Studierende der Betriebswirtschaft, die in ihrer späteren beruflichen Laufbahn in die digitale Transformation „hineingestürzt“ werden.

B. Innovationsmanagement im internationalen Vergleich und im regionalen Umfeld

Ein Kernbegriff im Themenfeld Industrie 4.0, aber auch ganz allgemein im unternehmerischen Kontext ist der Begriff der Innovation. Ein hohes Innovationspotenzial ist gerade für die Wirtschaft in Deutschland der Erfolgsschlüssel im internationalen Wettbewerb. Aus betriebswirtschaftlicher bzw. Management-Sicht stellt sich die Frage, wie man Innovation definiert und wie man sie messen kann. Eine direkte Messung ist kaum möglich: zu schwer sind (von außen) der Neuigkeitscharakter von Produkten, die Innovationen im Prozess- oder Strategiebereich oder organisatorische Neuerungen zu messen.

Der Einsatz definierter Indikatoren ermöglicht eine Einschätzung der Innovationskraft von Unternehmen. Hierzu gibt es erprobte Konzepte in der Literatur (z. B. Tidd et al.). Mit einem seit Jahren eingesetzten, von Prof. Dr. Werner Fees entwickelten Fragebogen wurden bereits Unternehmen in verschiedenen Ländern untersucht. Die Studien werden aktuell ausgeweitet, ausländische Studierende können dazu weiterführende Beiträge liefern.

3. Ziele des Forschungsprojekts

A. Industrie 4.0: Auswirkungen auf die Unternehmensführung

Die Studierenden sollen herausarbeiten, ob und inwieweit die Aufgaben des Managements durch die 4. Industrielle Revolution geändert bzw. angepasst werden müssen. Versteht man Management als Prozess, so geht es um die Funktionen Planung, Organisation, Personal, Führung und Kontrolle.

Im Bereich der Planung ist zu untersuchen, wie die operative und die strategische Planung betroffen sind. Hinsichtlich der Organisation sollen die Studierenden herausfinden, wie die Organisationsstruktur beeinflusst wird und wie die Prozessorganisation auszusehen hat. Im Personalbereich ist zu fragen, welche Skills zukünftig gefordert werden und auch welche Skills bzw. Arbeiten wegfallen werden. Das Thema der Mitarbeiter-Führung ist im Hinblick auf die „Digital Leadership“ zu analysieren. Schließlich stellt sich im Bereich der Kontrolle bzw. im Controlling z.B. eine Herausforderung durch die Verfügbarkeit von Echt-Zeit-Daten.

B. Innovationsmanagement im internationalen Vergleich und im regionalen Umfeld

Durch die Analyse der Innovationspotenziale in verschiedenen Ländern können Stärken und Schwächen identifiziert und zwischen den Ländern verglichen werden. Dadurch entsteht die Möglichkeit, gezielt die Schwachpunkte zu untersuchen und anschließend nach geeigneten Maßnahmen zu suchen, wie diese Schwächen behoben werden können.

Im Zuge einer Hochschulpartnerschaft mit einer brasilianischen Universität sollen die Studierenden brasilianische Unternehmen analysieren und mit den anderen Landesergebnissen vergleichen. Nach Abschluss der Studie sollen sie die Ergebnisse auch in Brasilien (z. B. bei dortigen IHKs) präsentieren und publizieren.

Hinsichtlich der Untersuchung für den Iran ist es das Ziel, entsprechende Informationen für die Vielzahl der deutschen Firmen bereit zu stellen, die sich gegenwärtig mit dem Markteintritt in dieses Land beschäftigen.

4. Herangehensweise und Forschungsergebnisse

A. Industrie 4.0: Auswirkungen auf die Unternehmensführung

Zur Analyse der Auswirkungen der 4. Industriellen Revolution arbeiteten die Studierenden mit folgenden Herangehensweisen:

- In verschiedenen Vorlesungen nahmen die Studierenden an Workshops teil, um eine breite Diskussion zu diesem zukunftsweisenden Thema zu erreichen
- In ca. 10 Bachelor- und Masterarbeiten führten die Studierenden Studien zu den verschiedenen Betrachtungsperspektiven durch
- Einige erste empirische Analysen führten die Studierenden durch Interviews mit Praktikern durch

Für das Themenfeld „Strategische Planung“ haben die Studierenden bereits eine erste Auswertung vorgenommen. Es zeigte sich hier eine signifikante Veränderungsnotwendigkeit: Der Schwerpunkt der Strategie-Arbeit wird sich von der bisher vorherrschenden Strategischen Planung hin zu einer intensiven Strategischen Kontrolle verschieben müssen. Durch die extrem steigende Komplexität und Unsicherheit (oft als VUCA bezeichnet: volatility, uncertainty, complexity, ambiguity) ergibt sich eine Bewegung hin zu einem sog. Hyper-Wettbewerb. In diesem Kontext muss sehr wohl strategisch geplant werden, aber die Gültigkeit der entwickelten Strategie muss permanent tiefgehend überprüft werden.

Die Ergebnisse der einzelnen Arbeiten liegen vor und sind sehr vielversprechend. Im nächsten Schritt müssen die Studierenden nun die verschiedenen Bausteine zu einem Gesamtbild zusammenfügen.

B. Innovationsmanagement im internationalen Vergleich und im regionalen Umfeld

Die empirische Analyse des Innovationspotenzials mittelständischer Firmen in den Ländern Brasilien und Iran erhoben die Studierenden mit Hilfe eines Fragebogens. Für beide Länder konnten mehr als 100 Unternehmen für die Teilnahme gewonnen werden.

Die mit Hilfe der Software SPSS durchgeführten statistischen Analysen ergaben sehr interessante Ergebnisse: In beiden Ländern ist die Innovationskraft der untersuchten Firmen sehr schwach. Dies erstaunt etwas für Brasilien, einem der BRIC-Länder.

Insbesondere die Einflussfaktoren „Innovative Organisation“ und die Aus- bzw. Weiterbildung der Mitarbeiter zeigen gravierende Defizite auf.

Aufbauend auf diese Ergebnisse können nun Schlussfolgerungen und Verbesserungsmaßnahmen entwickelt werden.



Abbildung 1: Grafik: Werner Fees

5. Nachhaltigkeit / Verwertung / wissenschaftliche Arbeiten

Beide Studien sollen in Zukunft fortgesetzt werden:

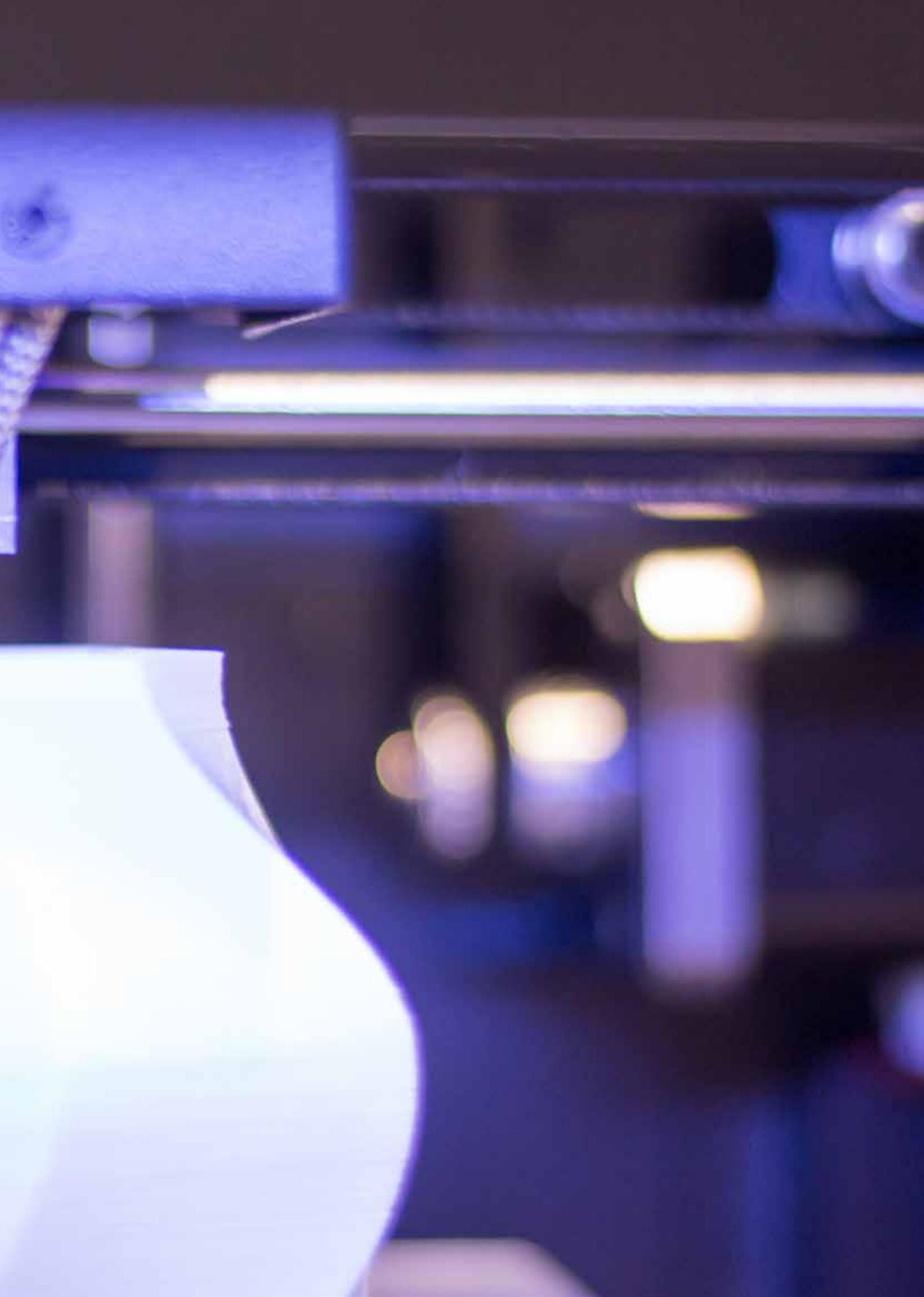
- Der Einfluss von Industrie 4.0 auf das Unternehmens-Management ist nun durch eine Gesamtperspektive zu vervollständigen. Auch einige „Löcher“ in den betrachteten Themenfelder sind noch durch Abschlussarbeiten zu schließen. Eine erste Publikation ist bereits (zusammen mit einem Kollegen) erfolgt: **Fees, W. / Schminke, L. (2017): Strategic Management and Advanced Marketing 4.0. In IfM-Impulse, Ausgabe 6/2017**
- Die Studie zu länderbezogenen Innovationspotenzialen wird weiterhin fortgesetzt. Um ein besseres Gesamtbild zu erhalten, sollen z. B. Untersuchungen in Japan, Großbritannien und Frankreich angestoßen werden.

6. Folgende Publikationen befinden sich in Vorbereitung:

Fees, W. / Rodrigues, A. (2017): Das Innovationspotenzial von KMU in Brasilien und Deutschland im Vergleich
Fees,W. (2017): Das Innovationspotenzial von KMU in Iran und Deutschland im Vergleich









3D-Druck mit löslichen Stützstrukturen für blinde Menschen

Prof. Dr. Timo Götzelmann
Fakultät Informatik
TH Nürnberg

Wesentliche Projektziele

Taktile Materialien sind geeignete Mittel, um blinden Menschen das Verstehen räumlicher Strukturen zu erleichtern. In der Vergangenheit wurden diese in Handarbeit gefertigt, waren entsprechend teuer und kaum verfügbar. Zunehmend gewinnt jedoch der 3D-Druck an Bedeutung für die Erstellung von taktilen Materialien für blinde Menschen. Dieses Herstellungsverfahren hat das Potenzial, die Verfügbarkeit zu erhöhen. Im Gegensatz zu professionellen 3D-Druckern sind Consumer 3D-Drucker erst seit einigen Jahren verfügbar. Diese sind jedoch bereits jetzt für Endanwender erschwinglich und erlauben es, eine Vielzahl der im Internet verfügbaren 3D-Modelle zu drucken. Dieses Lehrforschungsprojekt realisiert eine Lösung, die es blinden Menschen durch den Einsatz einer Kombination von Hardware- und Software erlaubt, selbstständig 3D-Modelle auszuwählen und an einem 3D-Drucker zu erstellen. Dazu prüfen die Studierenden der TH Nürnberg die Durchführbarkeit mit einer entsprechenden Benutzerstudie.

1. Projektdaten

Fördersumme	3.750 Euro
Laufzeit	März 2016 bis Februar 2017
Fakultät / Institut / Kompetenzzentrum	Fakultät Informatik
Projektleitung	Prof. Dr. Timo Götzelmann
Kontaktdaten	E-Mail: timo.goetzelmann@th-nuernberg.de

2. Ausgangslage

Taktile Materialien sind geeignete Mittel, um blinden Menschen das Verstehen räumlicher Strukturen zu erleichtern. In der Vergangenheit wurden diese in Handarbeit gefertigt, waren entsprechend teuer und kaum verfügbar. Neuerdings gewinnt jedoch der 3D-Druck zunehmend an Bedeutung für die Erstellung von taktilen Materialien für blinde Menschen. Diese Herstellungsmethode erhöht die Verfügbarkeit von taktilen Materialien. Im Gegensatz zu professionellen 3D-Druckern sind Consumer 3D-Drucker erst seit einigen Jahren verfügbar. Diese sind bereits jetzt für Endanwender erschwinglich und erlauben es, eine Vielzahl der im Internet verfügbaren 3D-Modelle zu drucken.

Aktuell nutzen schon viele Blindenschulen verschiedene 3D-Drucker, um Lehrmaterialien auszudrucken. Dabei werden auch schon spezielle, für blinde Menschen geeignete, Modelle ausgetauscht. Mit den aktuellen Consumer 3D-Druckern und deren Software-Schnittstellen ist es allerdings noch notwendig, dass sehende Menschen die Modelle ausdrucken. Es gibt jedoch schon Pilotprojekte, um blinden Menschen den direkten Zugang zu 3D-Druckern zu ermöglichen. Ein gutes Beispiel ist der von der University of Tsukuba für Yahoo Japan entwickelte

3D-Druckautomat. Gemeinsam mit Blindenschulen wurde dieser mit einer einfach bedienbaren Softwareschnittstelle ausgestattet. Blinde Menschen können diese bedienen, um eigenständig 3D-Modelle auszudrucken. Yahoo verleiht diesen Prototypen zeitweise an verschiedene Japanische Blindenschulen – eine kommerzielle Vermarktung dieser Automaten ist jedoch nicht geplant.

Für blinde Menschen wäre es wünschenswert, wenn sie in Zukunft auch mit handelsüblichen 3D- Druckern und einer entsprechenden Software eigenständig Modelle drucken könnten. Wie Vorgespräche mit der Blindenbildungsanstalt Nürnberg (BBS) ergeben haben, ist es dazu erforderlich, neben softwaretechnischen Anpassungen auch die Druckresultate so anzupassen, dass sie von blinden Menschen handhabbar sind. Das betrifft insbesondere die notwendigen Stützstrukturen, die das Drucken von 3D-Modellen mit Überhängen erlauben. Blinde Menschen können diese nicht entfernen, da sie nicht wissen können, welche Teile des Ausdrucks zum tatsächlichen Objekt gehören und welche Teile lediglich Stützstrukturen sind, die im Normalfall mechanisch herausgebrochen werden müssen (was obendrein einiges an Fingerfertigkeit abverlangt). Daneben besteht beim Herausbrechen der Stützstrukturen mit spitzen oder scharfen Werkzeugen eine gewisse Verletzungsgefahr, die für blinde Menschen noch größer ist.

3D-Drucker (nach dem Verfahren der Schmelzschichtung, auch FDM oder FFF), die mehrere Druckmaterialien (Filamente) gleichzeitig drucken können, bieten eine Lösung dieses Problems. Dabei kann der Drucker neben dem eigentlichen Druckmaterial auch lösliche Filamente für die Stützstrukturen drucken. Nach dem Ausdruck können die blinden Menschen diese löslichen Filamente leicht entfernen. Es gibt mehrere verschiedene Kombinationen von Filamenten, die dafür in Frage kommen, wie wasserlösliche Filamente, aber auch Filamente, die sich in einem Bad mit einem speziellen Lösungsmittel entfernen lassen.

3. Ziele des Forschungsprojekts

Der Antragsteller hat mit der Blindenbildungsanstalt Nürnberg bereits mehrere Vorgängerstudien durchgeführt und die Ergebnisse auf internationalen Konferenzen veröffentlicht. Die Aufgabe dieses Lehrforschungsprojekts war es nun, Möglichkeiten zu untersuchen, wie blinde Menschen mit einer spezifischen Software einen Ausdruck von 3D-Modellen auf einem speziellen Consumer 3D-Drucker selbst erstellen können, welche Kombination von Filamenten am besten dafür geeignet ist und wie blinde Menschen die Druckresultate von ihren löslichen Stützstrukturen befreien können. Im Vorfeld fanden hierzu mehrere Treffen mit der Schulleitung des BBS, Lehrern und blinden Schülern statt.

Das Lehrforschungsprojekt wurde im Rahmen der Pflichtveranstaltung „IT-Projekt“ durchgeführt. Diese erstreckt sich über zwei Semester, im 5. und 6. Fachsemester der Bachelorstudiengänge an der Fakultät Informatik, und schließt an eingehende Pflichtlehrveranstaltungen zur Mensch-Computer-Interaktion an. Somit war sichergestellt, dass die grundsätzlichen Voraussetzungen zum Verstehen und zur Durchführung des Projektes gegeben waren. Da der Projektleiter schon mehrere Forschungsarbeiten (z. B. [1 – 4]) in diesem Bereich, teilweise auch in Kooperation mit dem Blindenbildungszentrum Nürnberg, erstellt hatte, waren der Zeitrahmen und die konkrete Zusammenarbeit mit den Kooperationspartnern gut abschätzbar.

4. Herangehensweise und Forschungsergebnisse

Eingangs erhielten die beteiligten Studierenden eine grundständige Wiederholung der relevanten Aspekte der Software-Ergonomie. Ein zentraler Aspekt war die vertiefende Einweisung in die Methodik des Testens, anknüpfend an die Vorlesungsinhalte der bereits besuchten Module. Eine Besprechung der Problemstellung und die Diskussion möglicher Lösungswege legte das Vorgehen fest.

Das wesentliche Projektziel, dass blinde Menschen mit einem vorab installierten System selbstständig 3D-Modelle drucken können, lässt sich in mehrere Teilprobleme gliedern:

- Auswahl eines gewünschten 3D-Modells
- Eingabe grundlegender Einstellungen für den Ausdruck
- Generieren von druckbaren Daten
- Übermitteln der Daten an den 3D-Drucker
- Start des 3D-Drucks
- Erkennen des Druckendes
- Entnehmen des gedruckten Modells von der Druckplattform
- Auflösen der Stützstrukturen in Wasser

Während die ersten Schritte durch eine reine Software-Lösung realisiert werden konnten, bestand die Herausforderung für die Studierenden darin, für die restlichen Schritte Lösungen für den Umgang mit dem 3D-Drucker bzw. dem Druckerzeugnis zu finden. Um die einzelnen Schritte und den Umgang mit dem 3D-Drucker kennenzulernen, erhielten die Studierenden eine Einführung in die Technik, um schließlich selbstständig einige Testprototypen erstellen zu können.

Die Studierenden erarbeiteten und diskutierten Lösungsansätze für die einzelnen Schritte. Die Auswahl des 3D-Modells sollte über eine Sprachsteuerung erfolgen. Eine Anforderung war, dass es möglich sein soll, aus einer Sammlung von ausgewählten 3D-Dateien auszuwählen. Eine Benutzerbefragung diente bei dieser Sammlung als Grundlage zur Auswahl der Modelle (siehe Abbildung 1). Auch die Eingabe grundlegender Einstellungen für den Ausdruck sollte per Sprachsteuerung realisiert werden. Dabei war es erforderlich, die mannigfaltigen Optionen, die üblicherweise bei derzeitiger Software für die Druckvorbereitung zur Verfügung stehen, auf wesentliche Funktionen zu reduzieren. Zusätzlich sollte eine Sprachausgabe als Feedback dienen und die wichtigsten Daten des zu druckenden Modells verbal beschreiben.

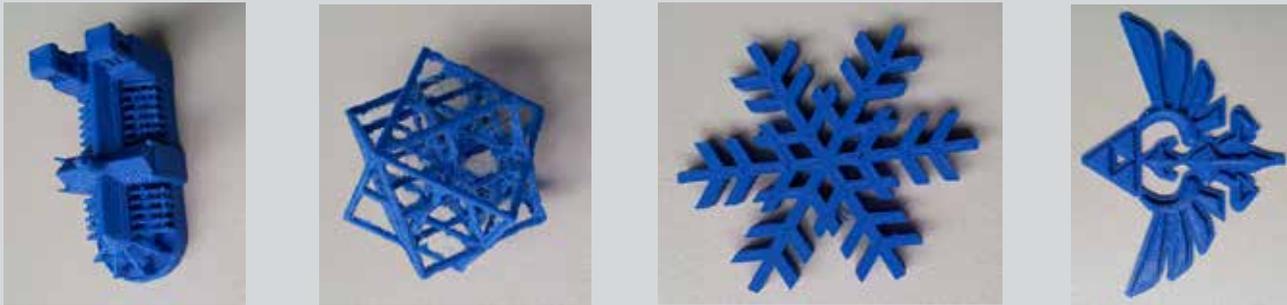


Abbildung 1: Beispiele für die aus Benutzerbefragung ermittelten 3D-Modelle als Testdruck. Foto: Timo Götzelmann [5]

Das Ziel ist es, das Generieren von druckbaren Daten ebenfalls per Sprachkommando einzuleiten. Die Modelle wurden automatisch mit Stützstrukturen versehen, sie wurden über die Druckdüse mit dem wasserlöslichen Filament gedruckt. Die dabei erzeugten Daten wurden anschließend direkt an den angeschlossenen Drucker übermittelt und der Start des Druckers eingeleitet. Der eingesetzte Drucker (wie in zunehmendem Maße aktuell erhältliche Drucker) justiert das Druckbett automatisch – eine Aufgabe, die blinde Menschen nur schwer manuell lösen können.

Das Druckende konnte dabei akustisch erkannt werden und nachdem das Druckbett abgekühlt war, wurde das Modell von blinden Menschen davon abgelöst. Um die Stützstrukturen zu entfernen, wurde das Modell abschließend nur noch in ein mit Wasser gefülltes Gefäß gegeben.

Durchführung der Studie und Ergebnisse

Die Teilnehmerinnen und Teilnehmer der Projektgruppe führten die Aufgaben arbeitsteilig durch. Nach der Erstellung der Prototypen wurde die Softwarelösung entwickelt sowie die Benutzerstudie konzipiert und am Bildungszentrum für Blinde und Sehbehinderte (BBS Nürnberg) durchgeführt. Dazu haben die Studierenden den Testaufbau (Notebook mit Mikrofon) sowie den 3D-Drucker in den Räumlichkeiten des BBS installiert. An der Studie nahmen sieben Probanden (2 männlich, 5 weiblich) im Alter von 16 bis 32 Jahren teil.

Bei jedem Probanden lief der Test erfolgreich ab, dabei variierte die Testdauer zwischen 7 bis 17 Minuten für den Ausdruck eines Modells (exklusive der Druckdauer des Modells). Nach einer anfänglichen Einweisung mit der Möglichkeit zur Rückfrage startete der Test, indem die Studierenden dem Proband das Mikrofon aushändigten und die Startzeit protokollierten. Folgende Probleme traten bei dem Test auf:

- Die Sprachsteuerung funktionierte trotz des Einsatzes eines Mikrophons nicht gut. Die Probanden mussten die Kommandos häufig wiederholen (teilweise bis zu 20 Wiederholungen). Dies war auf verschiedene Gründe zurückzuführen. Das gewählte Sprachmodell war nicht optimal auf das Problem zugeschnitten. Zudem wurde das Vokabular des Erkenners nicht auf die vorhandenen Optionen optimiert und damit die Wahrscheinlichkeit eines Treffers deutlich reduziert. In der Testumgebung des BBS traten häufig Umgebungsgeräusche auf, die die Erkennung erschwerten.
- Der 3D-Drucker druckte schließlich kein wasserlösliches Filament mehr (siehe Abbildung 2). Die entsprechende Druckdüse (siehe Abbildung 2) war verstopft, weil sich nachfolgendes Filament im gesamten Druckkopf (Extruder) festgesetzt hatte. Unter dem Zeitdruck der geplanten Tests konnten die Studierenden keine Lösung herbeiführen. Daher beschlossen sie, mit den Tests unter Verwendung nur einer Düse fortzufahren.

Trotzdem sollten die Probanden weiterhin das von der Druckplatte gelöste Modell in das Wassergefäß geben, um auch dessen Umsetzbarkeit testen zu können.

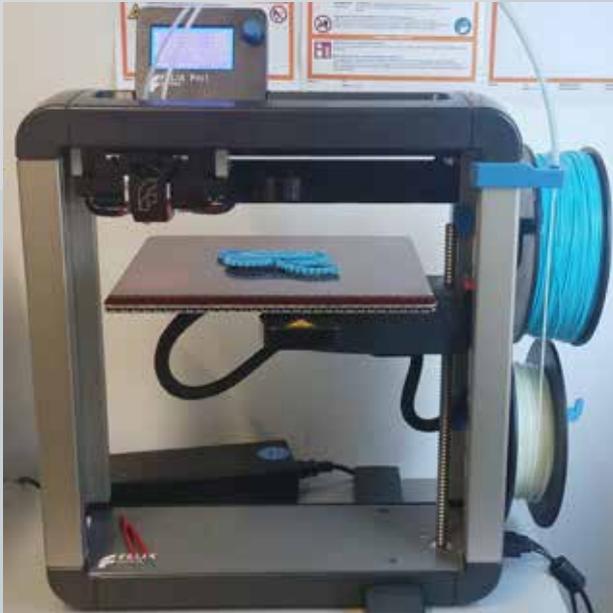


Abbildung 2: Verwendeter 3D-Drucker mit beispielhaftem Ausdruck. Zu sehen sind die Rollen mit dem normalen Filament (hellblau) und dem wasserlöslichen Filament (weiß). Auf der rechten Seite ist der Ausschnitt mit den Druckdüsen vergrößert dargestellt. Während der Studie war der zweite Extruder (rechts) blockiert, sodass dieser kein wasserlösliches Filament drucken konnte. Diese Blockade konnte später wieder aufgehoben werden.
Fotos: Timo Götzelmann

Bei beiden geschilderten Problemfällen betreffen jedoch nicht die prinzipielle Machbarkeit. Die wesentlichen Fragen (im Zusammenhang, ob blinde Menschen prinzipiell software- und hardwareseitig unterstützt selbstständig 3D-Modelle ihrer Wahl drucken können), konnten bei dieser Studie geklärt werden. Die Umsetzbarkeit der geplanten Lösung hat sich bestätigt, auch wenn softwareseitig noch einige Optimierungen sinnvoll erscheinen.

5. Nachhaltigkeit / Verwertung / wissenschaftliche Arbeiten

Die Ergebnisse der Studie wurden von den Studierenden abschließend ausgewertet. Bereits vor der Auswertung konnten sie feststellen, dass sie die geplante Lösung erfolgreich umsetzen konnten. Unter Mitwirkung der Studierenden konnte im Rahmen dieses Projektes eine internationale Publikation verfasst werden und auf einer internationalen Konferenz (ACM) veröffentlicht werden. Der 3D-Drucker konnte bereits zur Klärung weiterführender Fragen in diesem Zusammenhang eingesetzt werden.

6. Literaturverzeichnis

- [1] Dotenco, S. et al. 2014. Smartphone Input Using Its Integrated Projector and Built-In Camera. Proceedings of 16th International Conference on Human-Computer Interaction (HCI'14) (2014), 124–133. https://doi.org/10.1007/978-3-319-07227-2_13
- [2] Götzelmann, T. 2016. LucentMaps: 3D Printed Audiovisual Tactile Maps for Blind and Visually Impaired People. Proceedings of 18th International ACM SIGACCESS Conference on Computers and Accessibility (ASSETS'16) (2016), 81–90. <https://doi.org/10.1145/2982142.2982163>

- [3] Götzelmann, T. and Schneider, D. 2016. CapCodes: Capacitive 3D Printable Identification and On-screen Tracking for Tangible Interaction. Proceedings of 9th Nordic Conference on Human-Computer Interaction (NordiCHI'16) (2016), Article No. 32. <https://doi.org/10.1145/2971485.2971518>
- [4] Götzelmann, T. and Winkler, K. 2015. SmartTactMaps: A Smartphone-Based Approach to Support Blind Persons in Exploring Tactile Maps. Proceedings of the 8th ACM International Conference on Pervasive Technologies Related to Assistive Environments (PETRAE'15) (2015), 2:1-2:8. <https://doi.org/10.1145/2769493.2769497>
- [5] Götzelmann, T., Branz, L., Heidenreich, C., & Otto, M. (2017, June). A Personal Computer-based Approach for 3D Printing Accessible to Blind People. In Proceedings of the 10th International Conference on Pervasive Technologies Related to Assistive Environments (pp. 1-4). ACM. DOI: <https://doi.org/10.1145/3056540.3064954>









Synthese und Analytik von Koffeinmetaboliten zur Aufklärung des menschlichen Koffeinmetabolismus

Prof. Dr. Birgit Götzinger
Prof. Dr. Jens Pesch
Stephanie Link, M. Sc.
Fakultät Angewandte Chemie
TH Nürnberg

Koffein ist das weltweit am meisten gebrauchte Pharmakon, es wird in verschiedenen Pflanzen gebildet und ist Bestandteil verschiedener Lebensmittel und Medikamente. Der Abbau von Koffein kann über die Analyse seiner Metabolite z. B. in Urin untersucht werden. Aus der quantitativen Verteilung der Metabolite kann auf Unterschiede im Fremdstoffmetabolismus geschlossen werden, die mit erhöhten Risiken für Erkrankungen wie Herzinfarkt, Diabetes oder Krebs korreliert werden können. In dem hier vorliegenden Lehrforschungsprojekt wurden von den Studierenden Methoden für die Extraktion aus humanem Urin sowie die anschließende quantitative Analyse entwickelt und getestet. Die dazu nötigen Analysenstandards waren kommerziell erhältlich oder wurden selbst synthetisiert. Außerdem wurde eine Metabolismus-Studie an Testpersonen geplant, durchgeführt und die gewonnenen Proben mit den vorher entwickelten Methoden analysiert.

Wesentliche Projektziele

1. Projektdaten

Fördersumme	5.000 Euro
Laufzeit	Januar bis Dezember 2016
Fakultät / Institut / Kompetenzzentrum	Fakultät Angewandte Chemie
Projektleitung	Prof. Dr. Birgit Götzinger
Kontakt Daten	E-Mail: birgit.goetzing@th-nuernberg.de

2. Ausgangslage

Koffein (1,3,7-Trimethylxanthin) ist ein psychoaktives, stimulierendes Alkaloid und wird von den meisten Menschen täglich über Getränke und Lebensmittel aufgenommen. Außerdem produziert die Lebensmittelindustrie inzwischen auch Nahrungsmittel sowie Medikamente, die gezielt mit Koffein versetzt wurden. Koffein wirkt als Verstärkersubstanz (Reinforcer), das führt dazu, dass Konsumenten Getränke und Kapseln mit zugesetztem Koffein bevorzugen.

Zu den Hauptwirkungen des Koffeins zählen die Anregung des zentralen Nervensystems, Blutdruck- und Pulssteigerung, Bronchialerweiterung, Anregung der Diurese und Steigerung der Peristaltik [1]. Die primäre Wirkung auf das zentrale Nervensystem bringt die bekannte Steigerung der Wachsamkeit und Aufmerksamkeit mit sich. Diese Eigenschaften beruhen auf der strukturellen Ähnlichkeit zu Adenosin, ein natürlicher Botenstoff und Müdigkeitssignal. Koffein kann als Adenosinantagonist die Adenosinrezeptoren kompetitiv hemmen. Dadurch bleibt die durch das Adenosin verursachte Müdigkeitsinformation aus und es kommt zur Stimulierung. [1], [2] Als Nebenwirkung treten Ruhelosigkeit, Verlust der Feinmotorik, Schlaflosigkeit, Zitteranfälle, sowie Kurzatmigkeit auf. Bei einem regelmäßigen Konsum setzt jedoch ein Gewöhnungseffekt ein. [2]

Der Effekt der Koffeinaufnahme bezüglich verschiedener Erkrankungen wie Bluthochdruck, Herz-Kreislauf-erkrankungen, Krebs etc. ist Gegenstand aktueller Untersuchungen. Des Weiteren werden mögliche gesundheitsfördernde Eigenschaften diskutiert. Hierzu zählen der Schutz vor Diabetes Typ 2, der Parkinsonkrankheit und Lebererkrankungen, wie Zirrhose und hepatozelluläre Karzinome. [1], [2]

Der Stoffwechsel des Koffeins, wie in Abbildung 1 dargestellt, ist sehr komplex. Derzeit sind 15 Metaboliten bekannt und die beteiligten Enzyme identifiziert. [4] Die Aufnahme über Magen und Dünndarm in den Blutkreislauf erfolgt schnell und fast komplett. Mit einer Bioverfügbarkeit von 90 bis 100 Prozent wird eine maximale Plasmakonzentration nach 15 bis 20 Minuten erreicht. Die Weiterleitung erfolgt in fast alle Gewebe, unter anderem auch in das Gehirn nach Passieren der Blut-Hirn-Schranke. Der Metabolismus erfolgt hauptsächlich in der Leber durch das Enzym Cytochrom P450 (CYP) 1A2. Dieses bestimmt 95 Prozent der Phase I -Reaktion. Die Ausscheidung erfolgt schließlich über den Urin. Die durchschnittliche Halbwertszeit beträgt vier Stunden, wobei die Geschwindigkeit des Abbaus genetisch bedingt ist. Der metabolische Phänotyp spielt hier eine große Rolle. [1], [2]

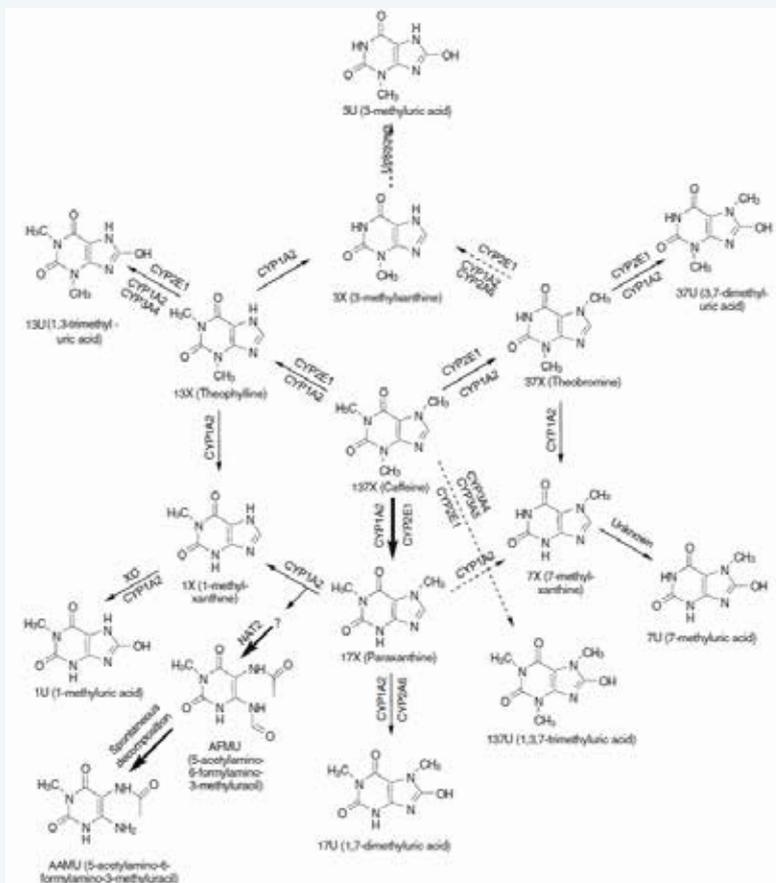


Abbildung 1: Chemische Strukturen und Stoffwechselwege von Koffein und seinen Metaboliten [3]

In einem ersten Schritt erfolgt die Demethylierung zu anderen Methylxanthinen, wie Paraxanthin, Theobromin und Theophyllin. Diese werden in einem weiteren Schritt zu Monomethylxanthin, Uraten und Uracil-Derivaten abgebaut. Es erfolgt eine überwiegend renale Ausscheidung, wobei weniger als 2 Prozent des Koffeins den Körper unverändert verlassen.

3. Ziele des Forschungsprojekts

Essentiell für die Untersuchung des Koffein-Metabolismus ist eine solide Methodik zur Bestimmung der genauen Aufnahmemengen von Koffein aus den vielfältigen möglichen Koffeinquellen und seinen Stoffwechselprodukten in Körperflüssigkeiten. Die quantitative Analyse von Koffeinmetaboliten gibt zudem Aufschluss über die Aktivität der beteiligten abbauenden Enzyme. Da diese Enzyme auch beim Abbau anderer Xenobiotika (z. B. Giftstoffen und Kanzerogenen) beteiligt sind, können deren Enzymaktivitäten Rückschlüsse auf die entsprechenden Stoffwechselwege geben. Dadurch können unter anderem Empfindlichkeiten von Personen gegenüber bestimmten Substanzen ermittelt werden oder Veränderungen in den Stoffwechselwegen durch äußere Einflüsse wie Rauchen.

Dazu wurden im Rahmen dieses Lehrforschungsprojekts mehrere Arbeitspakete definiert:

■ **Etablieren und Optimieren einer Analysenmethode für Koffein und seine Metabolite**

Durch eine Literaturrecherche sollten die Studierenden verschiedene Analysemethoden miteinander vergleichen und die geeignetsten Methoden im Labor testen. Diese Methoden sollten sie dann im Hinblick auf optimale Trennung und Quantifizierung der Metabolite optimieren.

■ **Synthese von kommerziell schlecht oder gar nicht erhältlichen Metaboliten**

Einige der in Abbildung 1 gezeigten Metabolite sind nur in sehr geringen Mengen zu sehr hohen Preisen (ca. 200 €/mg – Quelle: Sigma-Aldrich[5]) verfügbar. Im Labor für Organische Chemie sollten die Studierenden mögliche Synthesestrategien evaluieren und testen. Die erhaltenen Produkte sollten sie mit der optimierten Analysemethode auf ihre Reinheit untersuchen.

■ **Etablieren und Optimieren verschiedener Extraktionsmethoden von Koffein-Metaboliten aus Urin**

Auch hier sollten die Studierenden durch eine Literaturrecherche verschiedene Methoden zusammenstellen, vergleichen und die vielversprechendsten Optionen testen. Testparameter waren eine reproduzierbare Handhabung sowie die Wiederfindung der verschiedenen Metabolite aus der biologischen Matrix Urin.

■ **Entwickeln eines Fragebogens für eine Metabolismusstudie an menschlichen Testpersonen**

Das Ziel des Fragebogens sollte sein, mögliche Einflüsse auf den Koffeinmetabolismus (z. B. Rauchen, Ernährungsgewohnheiten, Lebensstil) zu ermitteln und auch die Korrelation zwischen Auffälligkeiten im Stoffwechsel mit der Reaktion gegenüber der Koffeinaufnahme zu ermöglichen.

■ **Design einer Koffein-Metabolismusstudie inklusive Probennahme, Messung und Auswertung**

Zu diesem Arbeitspaket sollten die Studierenden die konkrete Durchführung der Studie inkl. allen wichtigen Rahmenbedingungen evaluieren und im Idealfall auch eine erste Studie durchführen.

4. Herangehensweise und Forschungsergebnisse

Die Vorarbeiten zu den verschiedenen Arbeitspaketen wurden im Rahmen von mehreren Masterprojektarbeiten durchgeführt. Das eigentliche Lehrforschungsprojekt führten dann Studierende des Bachelorstudiengangs Angewandte Chemie im Rahmen des Wahlpflichtfachs „Pharmaanalytik“ durch. Im Folgenden werden die Ergebnisse gemäß den in Kapitel 3 definierten Arbeitspaketen vorgestellt.

■ Etablieren und Optimieren einer Analyse­methode für Koffein und seine Metabolite.

Für die Analytik von Koffein und seinen Metaboliten sind verschiedene Analyse­methoden in der Literatur be­schrieben. Meist erfolgt die Trennung über Hochdruck-Flüssigchromatographie (HPLC), die Detektion über Massenspektrometrie (MS) oder Lichtabsorption (UV-VIS). Da UV-Detektoren deutlich preisgünstiger und robuster sind, entschieden sich die Studierenden gleich zu Beginn für diese Detektionsmethode. So konnte gewährleistet werden, dass auch Studierende, die bisher noch wenig Erfahrung in der instrumentellen Analytik mitbrachten, rasch selbständig im Labor arbeiten konnten.

Es wurde eine auf Reversed Phase (RP) basierende HPLC-Methode entwickelt, die es ermöglichte, innerhalb von 8 min alle bis dahin als Standards vorhandenen Metabolite zu trennen, die Gesamtlaufzeit der Methode inklusive Reinigung und Rekonditionierung lag bei 20 min, ein Beispielchromatogramm eines Standards ist in Abbildung 2 dargestellt.

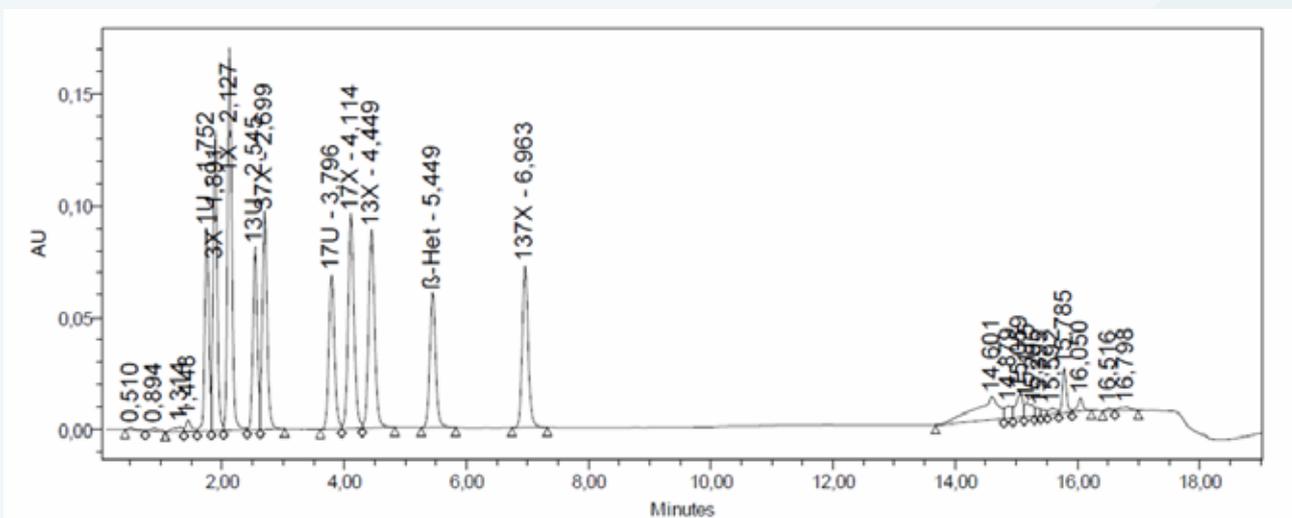


Abbildung 2: Chromatogramm der Analyse eines Standards ($c = 40 \mu\text{g/ml}$) mit der optimierten HPLC-UV Methode; Grafik: Birgit Götzinger

Die quantitativen Fähigkeiten der Methode wie Reproduzierbarkeit, Linearität und Wiederfindung wurden getestet. Akzeptable Bedingungen waren über einen linearen Bereich von $0,1 \mu\text{g/ml}$ - $100 \mu\text{g/ml}$ gegeben. Die Bestimmungsgrenze (LOQ) lag bei $0,1 \mu\text{g/ml}$, die Nachweisgrenze (LOD) bei $0,03 \mu\text{g/ml}$. Nachdem die in der Literatur beschriebenen Konzentrationen für viele Metabolite im Bereich von 1 - $80 \mu\text{g/ml}$ liegen, ist die Methode auf jeden Fall für die Analyse von Realproben geeignet. Für manche Metabolite wurden allerdings unter bestimmten Bedingungen auch Urinkonzentrationen im pg/ml Bereich beschrieben – hierfür müsste ein leistungsfähiges Massenspektrometer als alternativer Detektor eingesetzt werden.

■ Synthese von kommerziell schlecht oder gar nicht erhältlichen Metaboliten.

Für die Synthese lag der Fokus auf den Metaboliten AAMU (5-Acetylamino-6-amino-3-methyluracil) und AFMU (5-Acetylamino-6-formylamino-3-methyluracil) – siehe Abbildung 1. Die Studierenden evaluierten verschiedene Synthesestrategien an Hand der Primärliteratur. Zunächst favorisierten sie die in Abbildung 3 gezeigte Syntheseroute zum AAMU von Gala et al., die für die Synthese im Multigrammmaßstab entwickelt wurde[6].

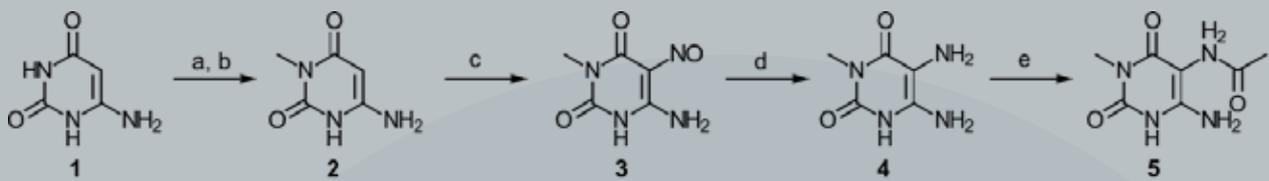


Abbildung 3: Syntheseroute von AAMU ausgehend von 6-Aminouracil nach Gala et al. – a) HMDS, cat. H₂SO₄, 130 °C, 30 min; b) CH₃I, RT, 24 h, LSM: DMF; c) Essigsäure, NaNO₂, RT, LSM: Wasser; d) Pd/C 5Prozentig, H₂, RT, 24 h, Essigsäure; e) Essigsäureanhydrid, RT, 90 min. Grafik: Jens Pesch

Um den Materialaufwand im ökonomischen Rahmen zu halten, sollten die Studierenden die Synthese statt im Multigramm im Subgrammaßstab durchführen. Die Synthese konnten sie nach dem beschriebenen Verfahren bis zur Verbindung 3 reproduzieren. Da die erste Stufe ein Erhitzen über längere Zeit erfordert und sich der Einsatz von Mikrowellen als alternativer Energiequelle zur Beschleunigung solcher Reaktionen bewährt hat, erprobten sie deren Einsatz in dieser Synthese ebenfalls. Die Reaktion in geschlossenen Reaktorgefäßen mit Mikrowellen führt auch nach Optimierung zu keinem messbaren Umsatz und wurde daher nicht weiter verfolgt. Die Hydrierung von 3 zu 4 mit anschließender Acetylierung zu AAMU (5) konnten die Studierenden zunächst nicht gemäß der Literatur reproduzieren. Die Optimierung dieser Stufen erbrachte, dass die Synthese offenbar eine kritische Versuchsmenge erreichen muss, um zu reproduzierbaren Ergebnissen auch im Subgrammaßstab zu führen. Der Versuch zeigte, dass ab einer Menge von ca. 300 mg des Eduktes 3 die beiden letzten Stufen in einer Ein-Topf-Reaktion ohne aufwendige Aufreinigung auch im Mikromaßstab bis zum AAMU durchgeführt werden kann. Eine im Vergleich zur Literatur erfolgte Optimierung durch die Reduktion des angewendeten Wasserstoffgasdrucks von 3,5 bar im Autoklaven auf 1,0 bar in Standardlaborglasgefäßen und eine Soxhlet-Extraktion der Filtermedien führte zu einer arbeitssicherheitstechnischen Vereinfachung der Produktisolierung und einer Verbesserung der Produktausbeute im Mikromaßstab. Die gesamte Synthesesequenz ist mit erzielten Ausbeuten in Abbildung 4 dargestellt.

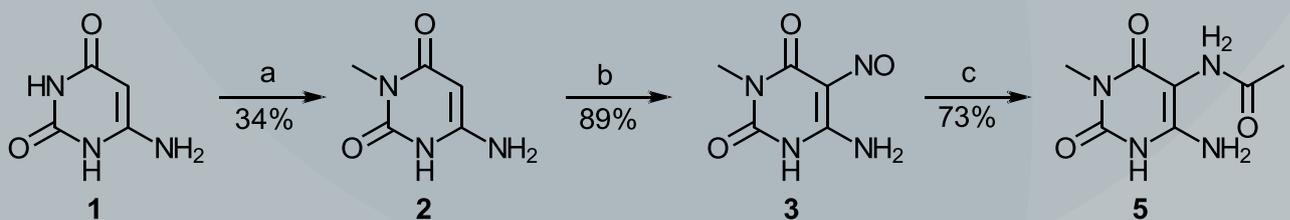


Abbildung 4: Optimierte Syntheseroute von AAMU ausgehend von 6-Aminouracil – a) 1) HMDS, cat. H₂SO₄, 130 °C, 30 min; 2) CH₃I, RT, 24 h, LSM: DMF; b) Essigsäure, NaNO₂, RT, LSM: Wasser; c) 1) Pd/C 5Prozentig, 1 bar H₂, RT, 24 h; 2) Essigsäureanhydrid, RT, 90 min; Extraktion in Soxhlet-Apparatur, LSM: Essigsäure; Grafik: Jens Pesch

Die Synthese des zweiten Metaboliten AFMU konnten die Studierenden aus zeitlichen Gründen nicht mehr verfolgen, sie könnte in einem Folgeprojekt aufgegriffen werden. Zum Ende der Projektlaufzeit konnten sie 250 mg von AAMU in hoher Reinheit herstellen, die sie dann in die oben beschriebene HPLC-Methode integrieren konnten. Die hergestellte Substanz erzielte eine Reinheit von ca. 99 Flächen-Prozent, die beiden Verunreinigungen konnten mittels HPLC gut abgetrennt werden. Auch die Trennung von den anderen Metaboliten der Analysenmethode ist ausreichend hoch.

■ **Etablieren und Optimieren verschiedener Extraktionsmethoden von Koffein-Metaboliten aus Urin**

Die Studierenden evaluierten die verschiedenen Extraktionsmethoden aus der Literaturrecherche und untersuchten sie auf ihre Praktikabilität. Im ersten Schritt testeten sie nur extraktionslose Methoden der Probenvorbereitung sowie Flüssig-Flüssig-Extraktionen im Labor, da diese mit dem geringsten finanziellen Aufwand zu realisieren sind. Die vier ausgewählten Methoden testeten sie durch Extraktion eines Standards sowie einer synthetischen Urinprobe (hergestellt gemäß DIN-Vorgaben) bezüglich der Wiederfindung der verschiedenen Metabolite. Die beste Wiederfindung evaluierten sie bei der extraktionslosen Probenvorbereitung von Schneider et al. [7]. Die Wiederfindung lag für alle Metabolite im Bereich von 80 bis 120 Prozent der eingesetzten Konzentration, für die meisten Metabolite wurden Wiederfindungen zwischen 90 bis 110 Prozent gefunden.

■ **Entwickeln eines Fragebogens für eine Metabolismusstudie an menschlichen Testpersonen**

Für die Entwicklung des Fragebogens werteten die Studierenden verschiedene Metabolismusstudien aus. In Diskussionen – zunächst in Kleingruppen, danach im Plenum – sammelten sie die für die spätere Auswertung relevanten Parameter und Informationen und brachten diese in eine für einen Fragebogen geeignete Form. Beispiele für abgefragte Daten waren:

- Angaben zur Person, z. B. Alter, Geschlecht, Größe, Gewicht
- Angaben zum Lebensstil, z. B. Rauchen, Sport, Medikamente, Ernährungsgewohnheiten
- Angaben zum Koffeinkonsum, z. B. durchschnittliche Koffeinaufnahme, letzte Koffeinaufnahme vor der Studie
- Angaben zur Reaktion auf den Koffeinkonsum durch Abfragen möglicher Symptome wie Müdigkeit, Herzklopfen, Konzentrationsfähigkeit, etc.

■ **Design einer Koffein-Metabolismusstudie inklusive Probennahme, Messung und Auswertung**

Alle Teilnehmerinnen und Teilnehmer des Wahlpflichtfachs Pharmaanalytik stellten sich freiwillig als Probanden für eine erste Studie zur Verfügung (dies war natürlich keine Voraussetzung für ein erfolgreiches Absolvieren der Lehrveranstaltung). Für die Durchführung der Studie beschlossen sie, dass jede Teilnehmerin und jeder Teilnehmer seine oder ihre eigenen Urinproben für die spätere Analyse mittels HPLC vorbereiten sollte. Erstens konnte so jeder Studierende Erfahrung mit der eingesetzten Methode sammeln und zweitens hat das auch der Umgang mit den biologischen Proben erleichtert.

Für die Analyse und Auswertung wurden dann allerdings Projektteams gebildet, wobei jedes Teammitglied eine spezifische Rolle ausfüllen sollte. Diese Rollen waren:

- **Laboringenieur/in:** Vorbereiten von Standards, Lösungen, Analysenproben
- **Geräteverantwortliche/r:** Vorbereiten der HPLC-Anlage, Programmieren der Analysenmethode und Probensequenz, Überwachen der Sequenz (Laufzeit ca. 25 h)
- **Softwarespezialist/in:** Einarbeiten in die Chromatographie-Software Empower, Auswerten der gemessenen Chromatogramme, Exportieren der Daten in Berichtform
- **Projektmanager/in:** Evaluieren der erhaltenen Daten, Erstellen einer Präsentation und Vorstellen der Ergebnisse der jeweiligen Gruppe

Die Studierenden erarbeiteten die genaue Ausgestaltung der Studie wie z. B. Dauer der Koffein-Abstinenz vor Studienbeginn (24 h), zuzuführende Koffeinmenge (3 mg/kg Körpergewicht, Dosierung durch exaktes Einwiegen von Instant-Kaffeepulver), Zeitpunkte und Ablauf der Probenahme (t_0 direkt nach Koffeinzufuhr, t_1 nach 2 h, t_2 nach 4 h) u.v.m. Außerdem erarbeiteten sie auch die zu messenden Standards und Kontrollen sowie die Messreihenfolge.

Aus dem erhaltenen Datensatz werden hier nur beispielhaft die Ergebnisse einer Projektgruppe für Paraxanthin, dem Hauptabbauprodukt von Koffein gezeigt (Abbildung 5). Es ist deutlich zu erkennen, dass Paraxanthin hauptsächlich aus Koffein gebildet wird und daher zum Zeitpunkt t_0 drei der vier Proben keine nachweisbaren Mengen dieses Metabolits enthielten. Durch den Abbau des zugeführten Koffeins steigen die Paraxanthinspiegel danach bei allen Probanden über die Zeit an. Der starke Anstieg bei Proband 7 ist auffällig, er könnte eventuell darauf zurückzuführen sein, dass dieser Proband gemäß den Angaben des Fragebogens einen sehr starken Koffeinkonsum angegeben hatte. Auch in den anderen Projektgruppen wurden beobachtet, dass bei den meisten Probanden zum Zeitpunkt t_0 kein oder wenig Paraxanthin nachweisbar war und die Konzentration dieses Metaboliten über die Zeit anstieg.

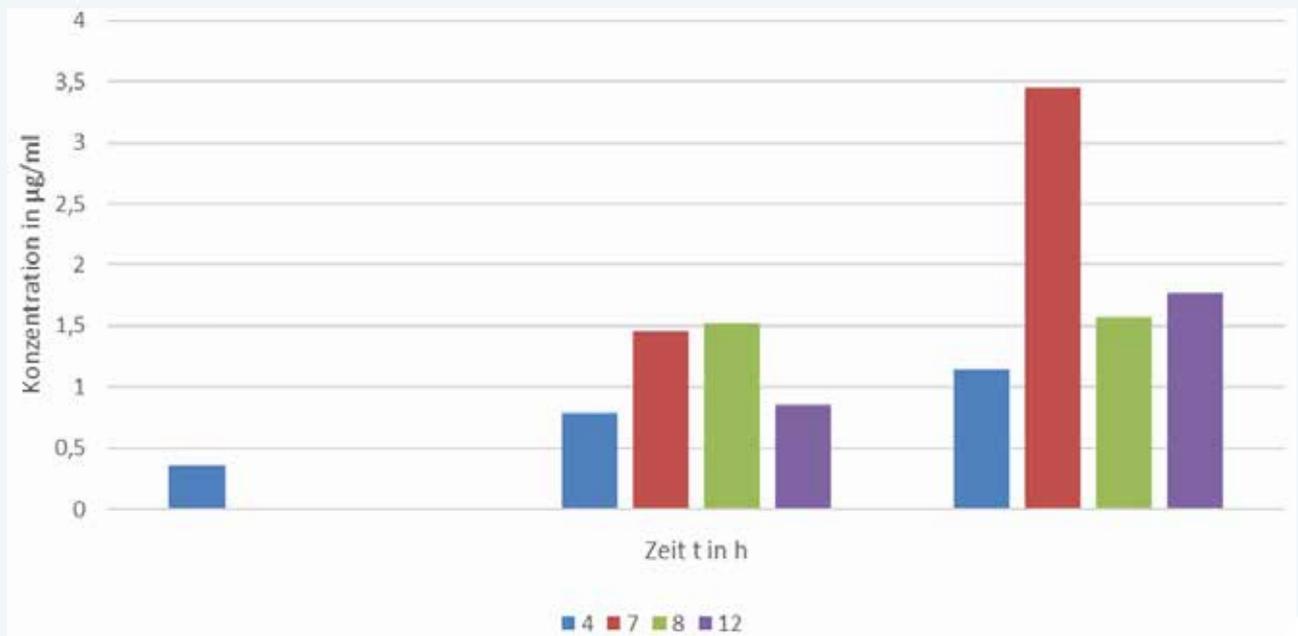


Abbildung 5: Ergebnisse der Metabolismusstudie für Paraxanthin für vier Probanden einer Projektgruppe (Probandennummer 4, 7, 8 und 12). Die t_0 Probe wurde sofort nach dem Koffeinkonsum genommen, t_1 nach 2h und t_2 nach 4h. Es wurde jeweils eine Probe genommen und einmal mittels HPLC-UV analysiert; Grafik: Birgit Götzing

Die erhaltenen Daten diskutierten die Studierenden gemeinsam und leiteten daraus auch Maßnahmen für mögliche Folgeprojekte ab. Diese beinhalten unter anderem:

- Weiteres Optimieren der HPLC-Methode sowie der Extraktion, v. a. in Hinsicht auf die verfügbaren Realproben
- Probenvorbereitung durch viele verschiedene Anwender erhöht erwartungsgemäß die Variabilität der Daten
- Mehrfachbestimmungen sollten die Aussagekraft der Daten deutlich erhöhen
- Abstinenzphase sowie Messzeitraum sollten überprüft und ggf. erweitert werden

- Effekt durch Einfrieren der Proben vor Analyse muss evaluiert werden
- Weitere Studien mit einer größeren Probandenkohorte

5. Nachhaltigkeit / Verwertung / wissenschaftliche Arbeiten

Im Rahmen des Lehrforschungsprojekts mussten sich die Studierenden mit mehreren Aspekten der angewandten Forschung und Entwicklung auseinandersetzen. Zum einen mit der Extraktion und Bewertung von Informationen aus wissenschaftlichen Publikationen und der Implementierung in die eigene Laborarbeit. Zum anderen mit dem Design einer wissenschaftlichen Studie, angefangen von der genauen Formulierung der Fragestellung, über Detailfragen zur Durchführung und Analyse bis zur Auswertung und Interpretation von Daten. Das sind Fragen, die – obwohl für viele spätere Arbeitsumfelder sehr wichtig – in den üblichen Lehrveranstaltungen und Praktika im Rahmen des Bachelorstudiums meist nur in geringem Umfang auftauchen. Dabei wurde auch darauf geachtet, den Studierenden möglichst große Freiheiten in der Ausgestaltung der Untersuchungen zu geben, um sie ihre eigenen Erfahrungen und gegebenenfalls auch Fehler machen zu lassen, dabei aber eben auch die Selbständigkeit und Eigenverantwortung zu fördern. Dadurch nahmen die Studierenden viel praktisches Wissen für ihr späteres Berufsleben mit und der Lehrforschungsaspekt des Wahlpflichtfachs Pharmaanalytik wurde auch durchgehend sehr positiv evaluiert.

Die Vorarbeiten, die im Rahmen der Masterprojekte durchgeführt wurden, wurden im Rahmen der Masterprojektberichte veröffentlicht:

Schraufstetter, T. und Tonne, A. Projektberichte „Analytik von Koffeinmetaboliten zur Aufklärung des menschlichen Koffeinmetabolismus“ (2016)

Eine Bachelorarbeit mit weiterführenden Arbeiten zu Extraktionsmethoden sowie der Entwicklung einer LC-MS Methode wird im Anschluss an das Lehrforschungsprojekt durchgeführt.

Die Synthese des wertvollen Metaboliten AAMU konnte soweit optimiert werden, dass diese arbeitssicherheits-technisch und vom zeitlichen Aufwand nun auch im Rahmen eines Synthesepraktikums für Studierende umgesetzt werden kann.

Da das Wahlpflichtfach „Pharmaanalytik“ erst im Wintersemester 2016/17 abgeschlossen wird und die Daten der Realproben erst gegen Ende der Projektlaufzeit erhoben wurden, steht die umfassende Analyse aller Daten noch aus. Nach deren Abschluss wird evaluiert, ob die Daten bereits genug Material für eine Publikation bieten werden oder noch einige der in Kapitel 4 beschriebenen Maßnahmen realisiert werden müssen, bevor publiziert werden kann.

6. Literatur

- [1] J. V. Higdon and B. Frei, "Coffee and Health: A Review of Recent Human Research.," *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*, vol. 46, no. 2, pp. 101–124, 2006.
- [2] Eufic, "Koffein und Gesundheit," *Food Today*, 2007. [Online]. Available: <http://www.eufic.org/article/de/artid/Koffein-Gesundheit/>.

- [3] M. E. Rybak, C. I. Pao, and C. M. Pfeiffer, "Determination of urine caffeine and its metabolites by use of high-performance liquid chromatography-tandem mass spectrometry: Estimating dietary caffeine exposure and metabolic phenotyping in population studies," *Anal. Bioanal. Chem.*, vol. 406, no. 3, pp. 771–784, 2014.
- [4] Y. Chen and H. Zhou, "Progress in the research of caffeine metabolism and its application in vivo," *Prog. Physiol.*, vol. 41, no. 4, pp. 256–260, 2010.
- [5] <http://www.sigmaaldrich.com/catalog/search?term=5-Acetylamino-6-amino-3-methyluracil&interface=All&N=0&mode=matchProzent20partialmax&lang=de®ion=DE&focus=product>; letzter Aufruf 14.01.2017.
- [6] D. Gala, D. DiBenedetto, F. Günter, M. Kugelman, D. Maloney, M. Cordero, L. Mergelsberg, "A Practical Synthesis of „Metabolite A1“ (AAMU) of Caffeine", *Organic Process Research & Development*. No. 1, pp. 85-87, 1997.
- [7] H. Schneider, L. Ma, and H. Glatt, "Extractionless method for the determination of urinary caffeine metabolites using high-performance liquid chromatography coupled with tandem mass spectrometry," *J. Chromatogr. B*, pp. 227–237, 2003.

He
willkom
Familie

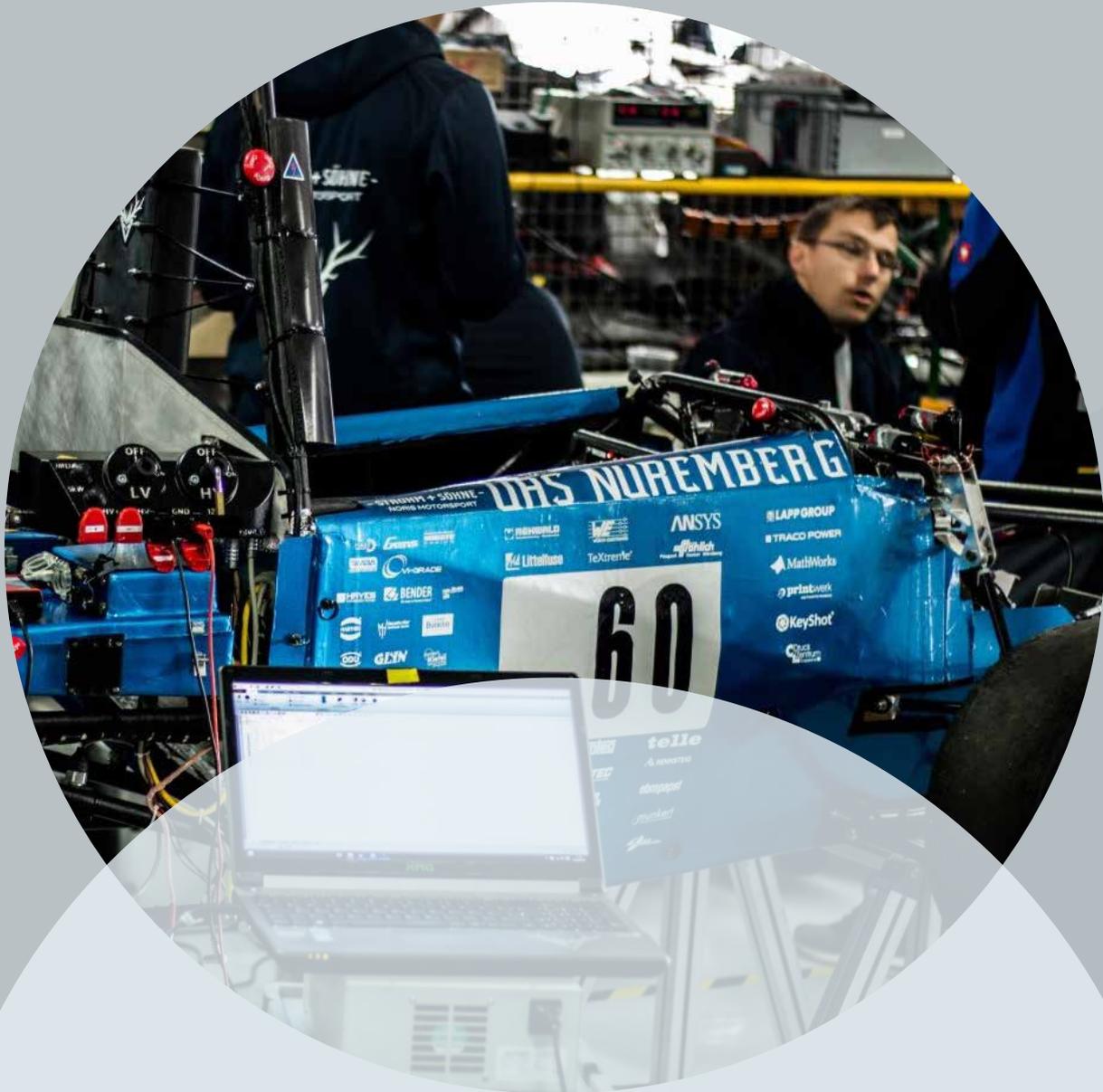
-STROHM + SÖHNE-
NORTH MOTORSPORT



erzlich
men in der
e, NoRa4!

-STROHM + SOHNE-
INSTRUMENTE





Formula Student Electric mit dem Team StrOHM + Söhne und NoRa 4

Prof. Dr.-Ing. Ulrich Grau
Fakultät Maschinenbau und Versorgungstechnik
TH Nürnberg
Denise Hurtienne
Teamleitung StrOHM + Söhne
Noris Motorsport Nürnberg

Nach der turbulenten Saison 2015 mit dem Formula-Student-Fahrzeug NoRa 3 konnte das Projekt „Formula Student Bau und Entwicklung eines Rennfahrzeuges“ im Wintersemester 2015/16 und im Sommersemester 2016 erneut angeboten werden. Ziel des Wahlfaches war es, ein voll funktionsfähiges elektrisch angetriebenes Rennfahrzeug – unter Beachtung des offiziellen Formula Student Regelwerkes – zu konstruieren und zu bauen. Mit diesem Rennfahrzeug NoRa 4 wurden im Rahmen des Internationalen Konstruktionswettbewerbs Formula Student Electric zwei Wettbewerbe, in Österreich und zum ersten Mal in Deutschland, bestritten.

Wesentliche Projektziele

Neben den technischen Weiterentwicklungen wurden auch weitreichende organisatorische Verbesserungen umgesetzt. Hervorzuheben ist hier die Festigung der neu gebildeten Abteilungen für Sponsoring und Human Resources. Damit wurde das Team deutlich vergrößert und es konnten die Kontakte zu externen Partnern weiter intensiviert werden.

Auch war das Team bei Aktivitäten innerhalb und außerhalb der Hochschule im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit der Hochschule aktiv, unter anderem bei den Schülerinformationstagen und bei dem Initiativtag der Fakultät Betriebswirtschaft.

1. Projektdaten

Fördersumme	9.700 Euro
Laufzeit	Januar bis Dezember 2016
Fakultät / Institut / Kompetenzzentrum	Fakultät Maschinenbau und Versorgungstechnik
Projektleitung	Prof. Dr.-Ing. Ulrich Grau
Kontaktdaten	E-Mail: ulrich.grau@th-nuernberg.de

2. Ausgangslage

Das Formula-Student-Team StrOHM + Söhne ist seit längerem ein fester Bestandteil der TH Nürnberg. Bedingt durch den studienbedingten permanenten Wechsel der Teammitglieder war es 2016 ein Ziel, die organisatorischen Neuerungen des letzten Jahres weiter zu optimieren und zu festigen. Daneben gehören natürlich die Entwicklung und der Aufbau eines neuen Fahrzeugs für die Saison 2016 sowie die Qualifikation und die Teilnahme an internationalen Konstruktionswettbewerben zu den festen Bestandteilen des Projekts.

Verschiedene technische Fahrzeugentwicklungen wurden im Rahmen von Lehrveranstaltungen oder durch die Betreuung von Abschlussarbeiten des Bachelorstudiengangs Maschinenbau durchgeführt. Die Projektarbeiten im Team können bei der Erfüllung entsprechender Voraussetzungen auch als fachwissenschaftliches Wahlpflichtfach anerkannt werden. Des Weiteren ist eine Anerkennung der Mitarbeit im Team als allgemeinwissenschaftliches Wahlfach fakultätsübergreifend möglich.

Aufbauend auf dem Reglement der Formula Student Electric entwickeln die Studierenden für jede Saison ein neues Fahrzeug. Dabei sind strenge Sicherheitskriterien einzuhalten, um sowohl das Auto als auch die Fahrerin oder den Fahrer zu schützen. Eine weitere große Herausforderung, nach der erfolgreichen Entwicklung, ist die termingerechte Umsetzung der Konstruktionen, die Fertigung und Beschaffung der Komponenten sowie der Zusammenbau und die Inbetriebnahme des Fahrzeugs. Aufgrund des Umfangs der verschiedenen Disziplinen und der komplexen Bauteile ist dies nur durch eine intensive Teamarbeit und durch Zusammenarbeit mit Partnern aus der Industrie möglich.

Ein weiterer wichtiger Aspekt, um erfolgreich an den Wettbewerben teilnehmen zu können, ist die Einhaltung eines Terminplanes, in dem wichtige Meilensteine festgelegt sind. Nur wenn alle einzelnen Entwicklungsschritte und Teilsysteme termingerecht fertiggestellt sind, kann das Team ein funktions- und wettbewerbsfähiges Fahrzeug bereitstellen.

3. Ziele des Forschungsprojekts

Kern des Projekts ist jedes Jahr die Entwicklung und der Bau des Fahrzeugs. Durch das Reglement der Formula Student Electric und die für jeden Wettbewerb unterschiedlichen Anforderungen sind hier Grenzen und Richtlinien vorgegeben, die streng kontrolliert werden.

Alle beteiligten Studierenden, unabhängig von Studiengang und Studienfortschritt, erhalten innerhalb des Teams und den darin gebildeten Abteilungen die Möglichkeit, ihr im Studium erworbenes Wissen anzuwenden, zu vertiefen und zu ergänzen. Sie bringen ihre persönlichen Fähigkeiten in die Praxis ein. Die interdisziplinäre Zusammenarbeit im Projekt und die Teamarbeit ist ein wesentlicher Bestandteil und liefert wichtige Erfahrungen für das spätere Berufsleben.

Naheliegend sind zunächst die technisch-naturwissenschaftlichen Aufgabenstellungen, bei denen die Studierenden das an der Hochschule Gelernte in die Praxis umsetzen können. Darüber hinaus ergeben sich aber weitere Anforderungen und praktische Erfahrungen im Bereich der interdisziplinären Arbeitsumgebungen, sowie sehr wichtige Erfahrungen im Bereich der Teamarbeit und Organisation. Bei der Entwicklung und dem Bau eines Rennfahrzeuges wird jeder Beteiligte sehr schnell erkennen, dass nur eine strukturierte Gruppe in der Lage ist, diese Aufgabe zu erfüllen. Innerhalb dieser Strukturen sammeln die Beteiligten wichtige Erfahrungen bei der Projektarbeit, der Übernahme von Verantwortung und der Pflege von Netzwerken.

4. Herangehensweise und Forschungsergebnisse

Nach den organisatorischen Änderungen im vorangegangenen Jahr galt es 2016 die überarbeitete Teamstruktur zu festigen, da sich diese als sehr gut herausgestellt hat. Neben den altbewährten technischen Abteilungen hat das Team im Bereich der Organisation neue Abteilungen wie Sponsorenbetreuung, Human Resources und Projektmanagement aufgebaut und integriert. Erfreulich ist auch, dass für die kommende Saison die Gesamt-Teamleitung wieder von einer Studentin besetzt wird.

Die Abteilung Human Resources erwies sich im Verlauf der Saison 2016 als voller Erfolg. Dies stellte sie vor allem im Bereich E-Technik unter Beweis, da dort studienbedingt die meisten Mitglieder ausgeschieden sind. Diese konnte sie durch neue, sehr kompetente und mittlerweile gut integrierte Teammitglieder ersetzen. Es gelang außerdem, den Anteil der Studierenden der Fakultät Betriebswirtschaft zu halten. Auch konnte die Abteilung neben den Studierenden der Fakultät Maschinenbau und Versorgungstechnik und der Fakultät Elektrotechnik Feinwerktechnik Informationstechnik, vermehrt Studierende der Fakultäten Angewandte Chemie, Werkstofftechnik, Verfahrenstechnik und Informatik für das Projekt gewinnen.

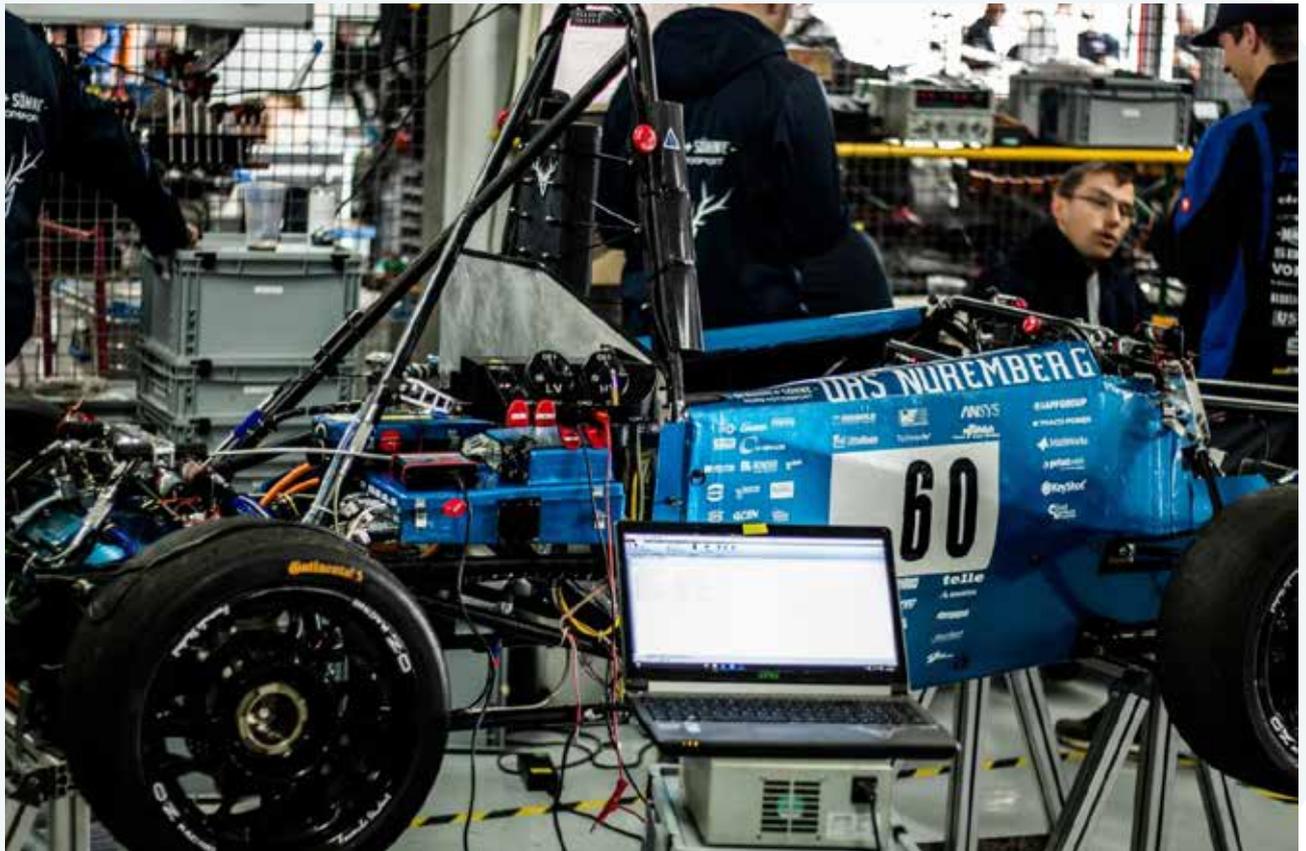


Abbildung 1: Rennvorbereitung in der Box von Hockenheim; Foto: StrOHM + Söhne

Die Abteilung Sponsorenbetreuung intensivierte die Beziehungen zu den unterstützenden Unternehmen weiter. Nur durch die Unterstützung aus den Betrieben und Unternehmen ist es überhaupt möglich, ein Rennfahrzeug in einer so kurzen Zeit aufzubauen. Im Jahr 2016 zählten etwa 80 regionale und überregionale Unternehmen zum Unterstützerkreis des Teams StrOHM + Söhne. Den Studierenden wird dabei auch die Möglichkeit gegeben, einige der Unternehmen zu besuchen, um sich mit den Abläufen und Technologien in den Betrieben vertraut zu machen. Hier sind vor allem Besuche und die intensive Zusammenarbeit mit den Unternehmen Schaeffler Technologies AG, der Continental AG in Nürnberg, der Vector Informatik GmbH in Regensburg, ZF Auerbach oder auch Deinzer Metallverarbeitung zu nennen.

Ein herausragendes Ereignis im vergangenen Jahr war die von den Studierenden organisierte Fahrzeugpräsentation der NoRa 4. Zu diesem „Roll out“ waren die Sponsoren und Unterstützer des Teams eingeladen. Das Inte-

resse an der Veranstaltung war größer als in der Saison 2015, und so konnte das Team viele Firmenvertreter an der TH Nürnberg begrüßen. Daneben gab es im Verlauf des Jahres weitere Beteiligungen an verschiedenen Veranstaltungen im Bereich der Öffentlichkeitsarbeit der Hochschule, so zum Beispiel bei dem Initiativtag 2016 oder bei der International Week 2016.

Im Rahmen der Formula Student Electric nahm das Team der Hochschule in der Saison 2016 an drei großen Veranstaltungen teil.



Abbildung 2: Das Team der Saison 2016 mit Nora 4; Foto: StrOHM + Söhne

Das war zunächst das von ZF organisierte „ZF Racecamp“ in Friedrichshafen. Bei dieser Veranstaltung steht jährlich die Vorbereitung auf die eigentlichen Wettbewerbe der Saison im Vordergrund und bietet die Möglichkeit, mit den Teams der anderen Hochschulen in Kontakt zu treten. Im August folgten dann die internationalen Wettbewerbe in Spielberg (Österreich) und in Hockenheim (Deutschland).

Besonders hervorzuheben ist der Wettbewerb in Hockenheim. Im Jahr 2016 gelang es, sich für das renommierteste Event der Formula Student in Europa zu qualifizieren. Hockenheim ist sozusagen die „Königsdisziplin“ aller Formula Student Wettbewerbe. Der Wettbewerb ist vor allem durch die sehr strenge technische Abnahme der Fahrzeuge geprägt. An einer erfolgreichen Abnahme scheitern hier viele Teams aus dem internationalen Teilnehmerfeld. Das Team StrOHM + Söhne schaffte es, „ihre“ Nora 4 so zu entwickeln und zu bauen, dass sie erfolgreich an den dynamischen Events teilnehmen durften. Leider konnte die gesamte Renndistanz von 22 Run-

den nicht absolviert werden, da ein kleiner Fehler in einer sehr kurzfristigen Änderung vor dem Wettbewerb zu einer Unterbrechung der Stromversorgung geführt hat. Dennoch hat das Team ein sehr positives Feedback zum Akkucontainer bekommen und war in Sachen Efficiency ganz vorne dabei.

Trotz der sportlichen Konkurrenz bei den internationalen Wettbewerben sind diese geprägt durch eine teamübergreifende Zusammengehörigkeit, die gemeinsamen Interessen und Ziele sowie durch eine große gegenseitige Hilfsbereitschaft. All das unabhängig von der Ethnizität, der Nationalität oder der Hochschulzugehörigkeit.

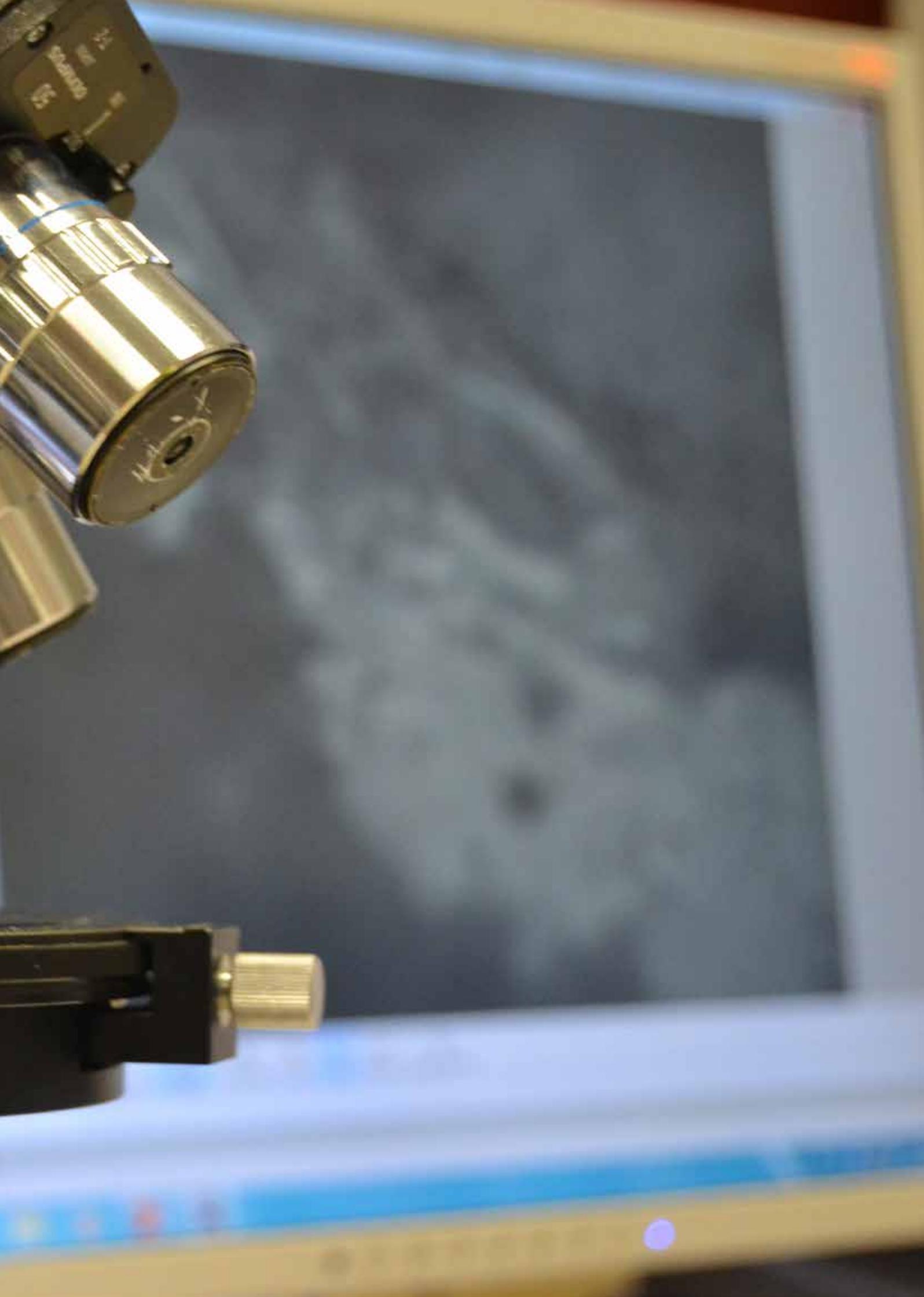
5. Nachhaltigkeit / Verwertung / wissenschaftliche Arbeiten

Das Projekt Formula Student und das Team StrOHM und Söhne habe sich im Jahr 2016 weiterentwickelt und ihre Position in der Hochschule festigen können. Erfreulich dabei sind der Zuwachs an Mitgliedern und die zunehmende Beteiligung der Studierenden verschiedenster Fakultäten. Neben den technischen Verbesserungen hat sich die in 2015 etablierte Teamstruktur sehr bewährt und wesentlich zum Erfolg beigetragen.

Alle beteiligten Studierenden konnten relevante praxisnahe Erfahrungen in einem internationalen Umfeld sammeln und das erworbene Wissen anwenden. Teamarbeit und interdisziplinäre Aufgaben sind dabei ein wesentlicher Bestandteil. Der sportliche Wettbewerb ist hier ein motivierender Rahmen. Der teamübergreifende Zusammenhalt innerhalb der gesamten Formula Student Familie trägt weiterhin dazu bei, internationale Kontakte zu knüpfen und über den eigenen Tellerrand zu blicken.

Das Team ist weit mehr als eine Zweckgemeinschaft, für viele Studierende ist es ein zentraler Bestandteil ihrer Zeit an der TH Nürnberg.







Bewertung von Klimakorridoren für die präventive Glaskonservierung

Prof. Dr. Uta Helbig
Fakultät Werkstofftechnik
TH Nürnberg

Wesentliche Projektziele

Historische Glasmalereien, die Umwelteinflüssen ausgesetzt sind, zeigen Korrosionserscheinungen, die im Extremfall zum Verlust des gesamten Objekts führen. Bereits der Verlust der Malschicht macht die Darstellungen „unlesbar“. Schädliche Einflüsse sind korrosive Gase wie Schwefeloxid, Feuchtigkeit und Temperaturschwankungen. Die historischen Objekte werden daher mit Schutzverglasungen versehen, die Umwelteinflüsse vermindern und die Einstellung definierter Klimawerte ermöglichen. Mit Methoden der Werkstofftechnik und Mineralogie wurde untersucht, ob die geltenden Werte für die klimatischen Bedingungen wie relative Luftfeuchtigkeit und Temperatur sinnvoll gesetzt sind.

1. Projektdaten

Fördersumme	6.300 Euro
Laufzeit	Mai bis Dezember 2016
Fakultät / Institut / Kompetenzzentrum	Fakultät Werkstofftechnik
Projektleitung	Prof. Dr. Uta Helbig
Kontaktdaten	E-Mail: uta.helbig@th-nuernberg.de

2. Ausgangslage

Die aus unserem Alltag bekannten Gläser enthalten im Wesentlichen Calcium, Natrium und Silizium in der oxidischen bzw. ionischen Form. Historische Gläser sind von der chemischen Zusammensetzung her unseren heutigen Gläsern ähnlich, es findet sich jedoch ein höherer Anteil an Calcium und meist noch Kalium. [1]

Während des Verwitterungsprozesses können die im Glas enthaltenen Ionen mit Stoffen der Umgebung reagieren und lösliche oder unlösliche Salze wie beispielsweise Gips bilden. [1] Diese Reaktionen führen zur Zerstörung der Oberfläche und können den Verlust von Bemalungsschichten verursachen. Zum Schutz der Objekte werden heute üblicherweise zusätzliche Schutzverglasungen angebracht, die Witterungseinflüsse minimieren. Es stellt sich jedoch die Frage, wie die klimatischen Bedingungen hinsichtlich Feuchte und Temperatur innerhalb dieser Verglasungen eingestellt werden müssen.

Im Rahmen des Lehrforschungsprojekts wurden die Bildung und Stabilität von Calciumsulfat und seinen Hydraten unter verschiedenen Feuchte- und Temperaturbedingungen näher betrachtet. Ausgangspunkt waren die klimatischen Bedingungen innerhalb der Schutzverglasungen der historischen Fenster der Nürnberger Lorenzkirche. Calciumionen, Sulfationen und Wasser können verschiedene stöchiometrische Verbindungen bilden. Das wasserfreie Salz CaSO_4 heißt Anhydrit, das Hydrat mit zwei Wassermolekülen pro Formeleinheit ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) wird als Gips bezeichnet. Es existiert noch ein weiteres Hydrat, das sogenannte Halbhydrat, der Mineralname ist Basanit ($\text{CaSO}_4 \cdot 1/2 \text{H}_2\text{O}$). [2] Für Anhydrit und das Halbhydrat werden jeweils noch zwei weitere Unterarten beobachtet. [3]

Die verschiedenen Hydrate haben unterschiedliche thermodynamische Stabilitätsbereiche. Unterhalb von 40 °C ist nur das Calciumsulfat-Dihydrat stabil. Zwischen 40 und 1.180 °C ist Anhydrit II („löslicher Anhydrit“) die thermodynamisch stabile Phase.

Unterhalb von 40 °C gehen in Gegenwart von Wasser Halbydrat und Anhydrit III schnell, Anhydrit II langsam über die Lösungsphase in Calciumsulfat-Dihydrat über, es wird also Wasser aufgenommen. Bei Temperaturen über 40 °C erfolgt die Entwässerung, das heißt, Calciumsulfat-Dihydrat geht in β -Halbydrat über. Diese Umwandlung wird technisch genutzt, um ein abbindefähiges Pulver zu erhalten. Um die Umwandlung in einem wirtschaftlich interessanten Zeitrahmen auszulösen, werden jedoch höhere Temperaturen angewendet (100 bis 180 °C).

Im wässrigen Medium entsteht oberhalb von 97,2 °C bei Atmosphärendruck oder höherem Druck α -Halbydrat, in Gegenwart von Säuren oder Salzen bildet es sich bereits bei ca. 40 °C. Durch weitere Entwässerung entsteht hier α -Anhydrit III. Anhydrit I bildet sich erst bei Temperaturen über 1.180 °C und wandelt sich darunter wieder in Anhydrit II um.

Zwischen den Hydratformen Gips (Dihydrat) und dem Halbydrat besteht ein Dichteunterschied. Bei der Umwandlung findet also eine Volumenänderung statt. In Abhängigkeit der gebildeten Halbydratform liegt diese Änderung zwischen 12 und 16 Prozent.[3] [4]

Da solche Volumensprünge zu einer mechanischen Belastung im Material führen und damit weitere Schäden an den historischen Stücken verursachen können, müssen diese Übergänge so weit wie möglich vermieden werden.

Ziele des Forschungsprojekts

Der konservatorische Ansatz ist die Vermeidung von Klimaschwankungen durch das Anbringen von Schutzverglasungen und das Einhalten von definierten Temperatur- und Feuchtebereichen.

Bisher werden die folgenden Werte empfohlen:

- Keine Feuchteschwankungen um 80 Prozent r.F.
- Maximale relative Feuchte 70 Prozent
- Maximaltemperatur (bei Verwendung von Kunstharzen zur Festigung): 50 °C
- Keine Frost-Tauwechsel

Bei der Festlegung dieser Parameter wurden aber bis dato die Volumensprünge des Gipses und seiner verschiedenen Phasen bei Temperaturen über 50 °C nicht beachtet. Bei direkter Sonneneinstrahlung sind aber auf dunklen Flächen deutlich höhere Temperaturen möglich. Das Ziel des Lehrforschungsprojekts war daher die Untersuchung des Verhaltens des Gipses auch bei solchen extremen Werten, um eine Beurteilung eines möglichen Einflusses zu versuchen. Das experimentelle Vorgehen ist im folgenden Abschnitt dargestellt.

3. Herangehensweise und Forschungsergebnisse

Mit Methoden der Mineralogie können unterschiedliche Hydratationsstufen von Salzen aufgrund ihrer Struktur voneinander unterschieden werden. Eine geeignete Messmethode ist die Röntgenpulverbeugung, die mit Diffraktometern durchgeführt wird. Man erhält ein Spektrum mit einem charakteristischen Linienmuster, das an-

hand von Datenbanken ausgewertet und zugeordnet werden kann. Diese Messmethode wird beispielsweise angewendet, um Salzhydrate auf dem Mars zu untersuchen. Mit Hilfe von Sonden wurden miniaturisierte Diffraktometer auf die Marsoberfläche gebracht, automatisiert Proben genommen und die Messdaten zur Erde gefunkt. Anhand der Ergebnisse über den Wassergehalt der Salzhydrate können klimatische Bedingungen an der Marsoberfläche rekonstruiert und Karten erstellt werden.

Für unseren Anwendungsfall wurde diese Untersuchungsstrategie umgekehrt. Salzhydrate wurden bekannten klimatischen Bedingungen ausgesetzt, um Aussagen über deren Beständigkeit zu treffen.

In Modellversuchen sollte die Umwandlung der Hydrate in andere Formen unter verschiedenen Temperatur- und Feuchtebedingungen untersucht werden. Dazu war zunächst eine Versuchsanordnung zu etablieren, die das Auslagern unter verschiedenen Bedingungen und die anschließende Charakterisierung ermöglicht.

Als Modellsubstanz wurde reines Calciumsulfat-Dihydrat (Fa. SuboLab) und sogenannter Formengips, ein Material zum Anfertigen von Gießformen für den Porzellan-Schlickerguss, verwendet.

Zunächst sollte das Calciumsulfat-Hydrat ausreichend haltbar auf Glasobjektträgern, wie sie in der Mikroskopie üblich sind, aufgetragen werden. Es wurden verschiedene Anordnungen getestet, wie beispielsweise das Aufrauen des Objektträgers vor dem Auftragen. Für die Durchführung der Experimente an waagrecht liegenden Objektträgern war es ausreichend, das Calciumsulfat-Hydratpulver in wässriger Dispersion aufzutragen und trocknen zu lassen. Weitere Versuche wurden an Pulverproben durchgeführt.

Für die Auslagerungstests war eine Versuchsanordnung zu finden, die es ermöglicht, eine definierte Feuchte und Temperatur einzustellen.

Die definierte Feuchte wurde über wässrige Salzlösungen eingestellt. Dazu wurden in ein verschließbares Glas jeweils einige Milliliter einer gesättigten Salzlösung eingebracht. Oberhalb dieser Lösungen bildet sich ein Raum mit einer definierten von der Salzart abhängigen relativen Luftfeuchte. Die Werte für verschiedene Salzlösungen und Temperaturen wurden der Literatur entnommen und sind in Tabelle 1 angegeben.

Tabelle 1: Relative Feuchte über der jeweiligen gesättigten Salzlösung in Abhängigkeit der Temperatur [5]

Salzlösung	Temperatur (°C)	5*	10*	15	20	25	30	35	40	45	50
		relative Feuchte (Prozent)									
Kaliumsulfat K_2SO_4		-	-	97	97	97	96	96	96	96	96
Kaliumnitrat KNO_3		-	-	94	93	92	91	89	88	85	82
Kaliumchlorid KCl		-	-	87	86	85	85	84	82	81	80
Ammoniumsulfat $(NH_4)_2SO_4$		-	-	81	81	80	80	80	79	79	78
Natriumchlorid $NaCl$		75,7	75,7	76	76	75	75	75	75	75	75
Natriumnitrit $NaNO_2$		-	-	-	65	65	63	62	62	59	59
Ammoniumnitrat NH_4NO_3		-	-	69	65	62	59	55	53	47	42
Natriumbichromat $Na_2Cr_2O_7$		-	-	56	55	54	52	51	50	47	-
Magnesiumnitrat $Mg(NO_3)_2$		57	56	56	55	53	52	50	49	46	-

Kaliumkarbonat K_2CO_3	43,1	43,1	44	44	43	43	43	42	-	-
Magnesiumchlorid $MgCl_2$	33,6	33,5	34	33	33	33	32	32	31	30
Kaliumazetat CH_3COOK	-	-	21	22	22	22	21	20	-	-
Lithiumchlorid $LiCl$	11,3	11,3	13	12	12	12	12	11	11	11

*nach Waller [6]

Die wie oben beschrieben erzeugten Proben wurden auf geeignete Unterlagen in die geschlossenen Glasbehälter eingelegt. Als Unterlagen wurden kleine Kunststoffpodeste, die in der Gastronomie als Abstandshalter für Pizzen in Lieferkartons eingesetzt werden, verwendet.

Die geschlossenen Gläser wurden bei Raumtemperatur bzw. in einem Trockenschrank bei Temperaturen von 60 bis 80 °C für einen Zeitraum von 1 h bis 24 h ausgelagert. Die Feuchte wurde wie oben beschrieben über Salzlösungen eingestellt. Anschließend wurden die Proben mittels Pulverdiffraktometrie auf ihren Phasenbestand untersucht. Proben, die auf Objektträger fest aufgebracht wurden, konnten mit der Methode des streifenden Einfalls direkt auf dem Substrat vermessen werden. Die Pulverproben wurden nach dem Backloading-Verfahren in die Pulverprobenträger des Diffraktometers präpariert.

Die Proben wurden wie oben beschrieben mit der Röntgenbeugung untersucht. Abbildung 1 zeigt exemplarisch die Beugungsdiagramme und die Referenzlinien der detektierten Phasen für die Probenserie, die bei 12 Prozent r.F. ausgelagert wurde. Der Unterschied im Phasenbestand der bei 80 °C für 24 h behandelten Probe ist an den sehr deutlichen Reflexen der Bassanitphase (rote Referenzlinien) zu erkennen.

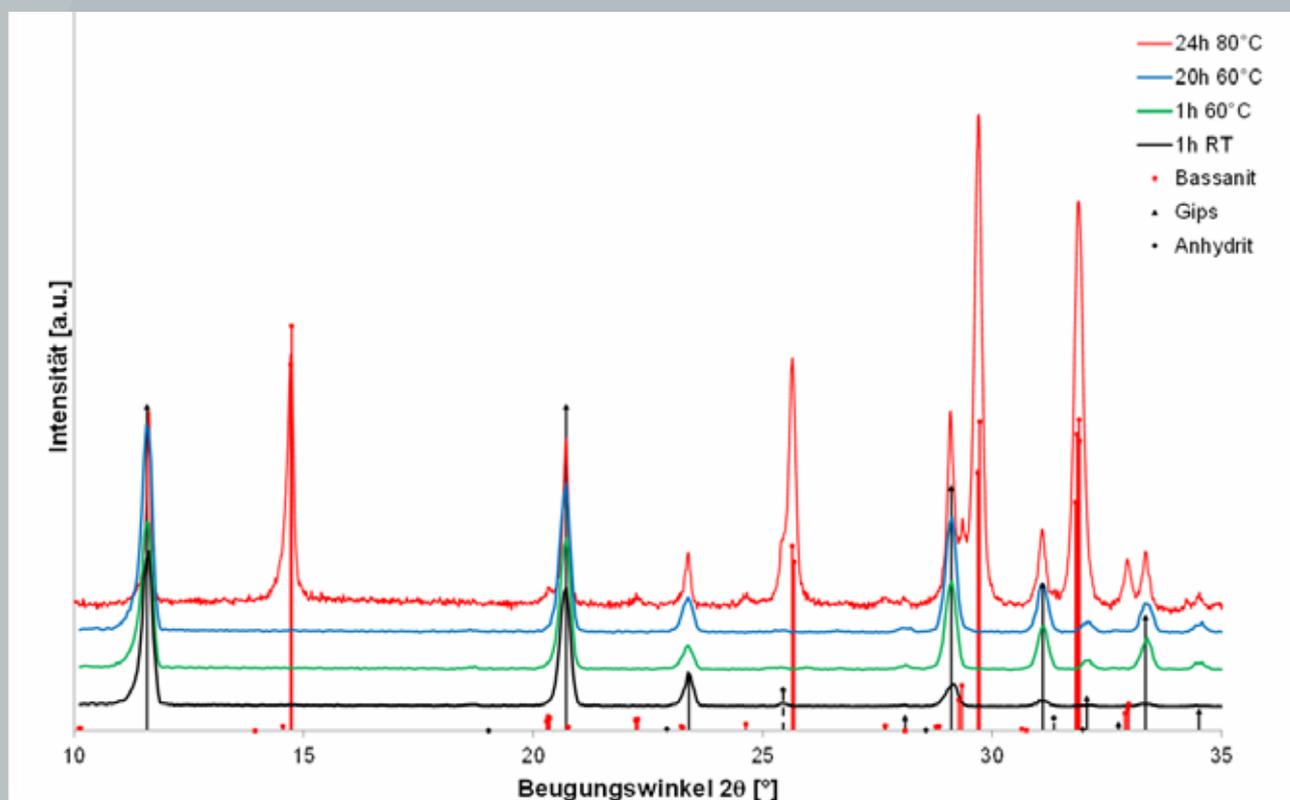


Abbildung 1: Röntgenbeugungsdiagramme von Calciumsulfat-Hydratproben nach Auslagerung bei verschiedenen Feuchte-/ Temperaturbedingungen (Gips PDF 00-033-0311, Bassanit PDF 98-003-4605, Anhydrit PDF 98-002-1844); Grafik: Uta Helbig

In der folgenden Tabelle sind die Untersuchungen des Phasenbestandes in Abhängigkeit der Temperatur- und Feuchtebedingungen aufgelistet. „G“ steht dabei für Gips, „B“ für Bassanit und „A“ für Anhydrit. Im verwendeten Ausgangsmaterial lag jeweils die Phase Gips und in geringen Mengen Anhydrit vor.

Es konnten unter den getesteten Bedingungen bei den meisten Proben keine Veränderungen beobachtet werden. Lediglich die extremen Feuchte- und Temperaturwerte von 80 °C und 86 bzw. 12 Prozent r.F. führten zu einer Veränderung des Materials. Bei hoher Temperatur und hohen Feuchtwerten wandelt der im Ausgangsmaterial vorhandene Anhydrit durch Wasseraufnahme in Gips um. Bei sehr niedriger Feuchte setzt dagegen die Entwässerung des Gipses zum Bassanit ein.

Tabelle 2 Phasenbestand nach Auslagerung der Proben (G = Gips, B = Bassanit, A = Anhydrit)

		1h	1h	20h	24h
	r.F. [Prozent]	RT	60°C	60°C	80°C
KCl	86	G, A	G, A	G, A	G
NaCl	76	G, A	G, A	G, A	-
K ₂ CO ₃	44	G, A	G, A	G, A	-
MgCl ₂ *6H ₂ O	33	G, A	G, A	G, A	-
LiCl	12	G, A	G, A	G, A	G, B, A

Verwendet man als Ausgangsmaterial für die Auslagerungsversuche jedoch Bassanit, findet in jedem Fall bei Anwesenheit von Feuchtigkeit die Umwandlung zu Gips statt.

4. Nachhaltigkeit / Verwertung / wissenschaftliche Arbeiten

Die Untersuchungen bestätigen, dass die Klimakorridore für hohe Luftfeuchtwerte im Wesentlichen passend gesetzt sind. Der Bereich der niedrigen Feuchtwerte wurde jedoch bisher nur unzureichend betrachtet. Nach den im Rahmen des Lehrforschungsprojekts erarbeiteten Ergebnissen kann ein zu niedriger Wassergehalt der Luft bei gleichzeitiger starker Wärmeeinwirkung dramatische Folgen haben.

Die Ergebnisse werden zusammen mit der Glasrestauratorin der Nürnberger Lorenzkirche evaluiert und gegebenenfalls in die zu entwickelnden Klimatisierungskonzepte einbezogen.

Die Untersuchungen werden, auch mit den Mitteln des Förderpreises der Sparkasse, weitergeführt. Im Fokus liegen dabei weitere systematische Experimente hinsichtlich der zeitlichen Dauer extremer Bedingungen und die Einbeziehung des zur Festigung von Malschichten verwendeten Polymers.

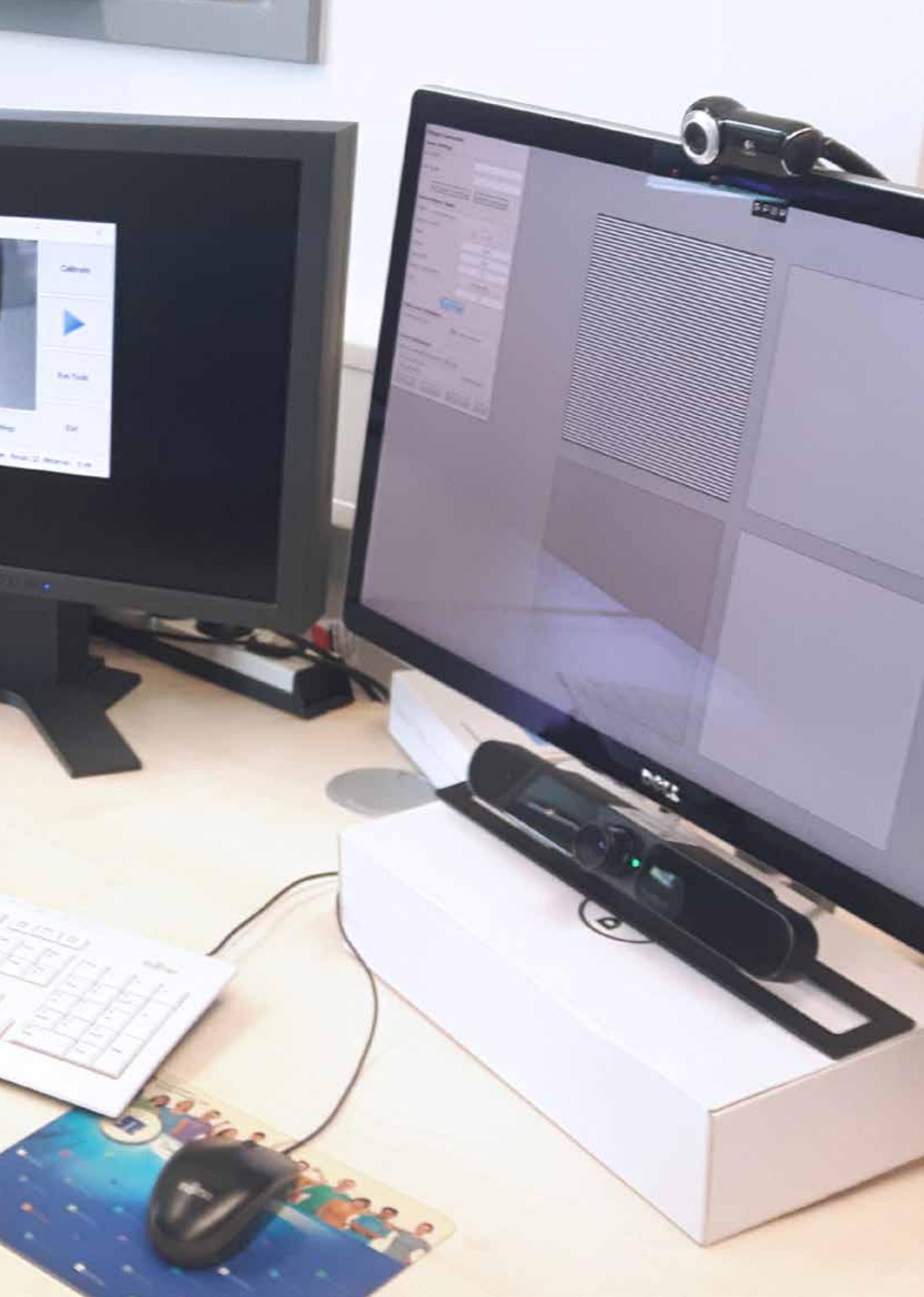
5. Literaturverzeichnis

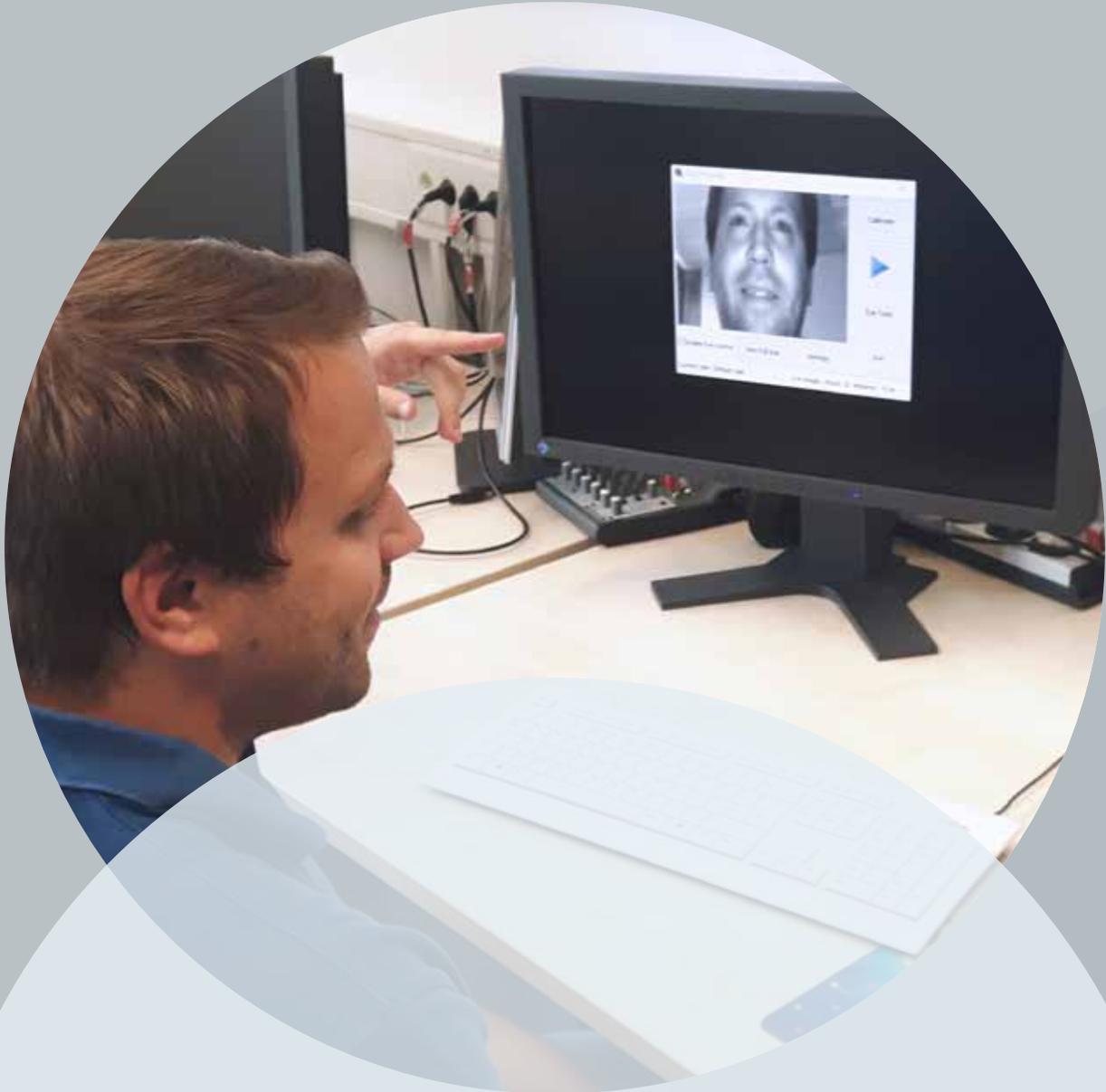
- [1] R. Drewello, Evaluierung schadstoffvermindernder Schutzmaßnahmen an den spätmittelalterlichen und frühneuzeitlichen national wertvollen Glasfenstern der Sebalduskirche in Nürnberg (Bayern), G. Soltau, Hrsg., Stuttgart: Fraunhofer IRB-Verlag, 2006.
- [2] B. Des Barker, V. Daniels, R. Eaton, P. Garside, R. Inkpen, M. Jones und H. e. a. Römich, „Conservation science. Heritage materials,“ 2006. [Online]. Available: <http://pubs.rsc.org/en/content/chapterpdf/2006/9781847557629-00160?isbn=978-0-85404-659-1&sercode=bk>. [Zugriff am 12 12 2015].
- [3] H. J. Rösler, Lehrbuch der Mineralogie, Leipzig: Spektrum Akademischer Verl., 2002.

- [4] B. d. G. e.V., „GIPS-Datenbuch,“ [Online]. Available: http://www.gips.de/fileadmin/user_upload/download/publikationen/buecher/gips-datenbuch_2013.pdf. [Zugriff am 27 11 2016].
- [5] M. Auras, „Der Werkstoff Gips. In: ICOMOS – Hefte des Deutschen Nationalkomitees 50, S. 78–84,“ 2010. [Online]. Available: <https://journals.ub.uni-heidelberg.de/index.php/icomoshefte/article/viewFile/20443/14229>. [Zugriff am 27 11 2016].
- [6] K. Robertson und D. Bish, „Constraints on the distribution of CaSO₄.nH₂O phases on Mars and implications for their contribution to the hydrological cycle,“ *Icarus*, pp. 407-417, 2013.
- [7] K. Sander, „Kalibrieren von Feuchtesensoren. Sander electronic,“ 20 09 2015. [Online]. Available: <http://www.s-elabor.de/k00002.html>. [Zugriff am 27 11 2016].
- [8] C. Waller, „Long Life for Art,“ 20 10 2015. [Online]. Available: http://www.cwaller.de/deutsch.htm?teil2_4.htm~information. [Zugriff am 27 11 2016].









Absolute Objektivierung eines Preferential-Looking Tests bei Kindern von 2 – 6 Jahren mit Hilfe von Eye-Tracking

Prof. Dr. Helmut Herold
Andreas Pazureck, M. Sc.
Michael Jank, M. Eng.
Sascha Herold, B. Eng.

Fakultät Elektrotechnik Feinwerktechnik Informationstechnik
TH Nürnberg

In der Vorlaufuntersuchung zum Forschungsvorhaben Genesis haben die Studierenden damit begonnen, einen automatisierten, objektiven Sehtest zu entwickeln.

Weil der dafür vorgesehene Eye-Tracker Kinderaugen nicht ausreichend erkennen konnte, hat die TH Nürnberg einen neuen Eye-Tracker beschafft, der die Kinderaugen zuverlässig erkennt: Der „eyetech DS VT3-Mini“ wurde an die bisherige Applikation angebunden.

Wesentliche Projektziele

Um den Detektionsbereich des Eye-Trackers zu vergrößern, haben zwei Projektgruppen steuerbare, dynamische Halterungen für den Eye-Tracker konzipiert.

Ein weiteres Ergebnis der Vorversuche war die Feststellung, dass die Applikation auf dem bisherigen Framework nicht stabil läuft, was einen später geplanten Langzeiteinsatz verhindert. Die Studierenden recherchierten und untersuchten Stabilisierungsmaßnahmen und beschlossen aufgrund dieser Ergebnisse, auf ein neues Framework (.NET) zu wechseln.

Die Studierenden evaluierten mit dem Prototyp auf .NET-basis den Eye-Tracker „eyetech DS VT3-Mini“ für den Einsatz bei Kindern der Zielaltersgruppe.

1. Projektdaten

Fördersumme	5.850 Euro
Laufzeit	Januar bis Dezember 2016
Fakultät / Institut / Kompetenzzentrum	Fakultät Elektrotechnik Feinwerktechnik Informationstechnik
Projektleitung	Prof. Dr. Helmut Herold
Kontaktdaten	E-Mail: helmut.herold@th-nuernberg.de

2. Ausgangslage

Das Projekt genesis-VisionTest findet in Zusammenarbeit mit der Frühförderung SEHEN des Bildungszentrums für Blinde und Sehbehinderte (BBS) statt. Anlass für den BBS, das Projekt zu initiieren, ist die derzeit in Deutschland nur unzureichende Amblyopieprävention.

Amblyopie bezeichnet eine irreparable Verminderung der Sehkraft, die schon im Kindesalter entsteht. Es gibt bisher die Vorsorgeuntersuchungen beim Kinderarzt, jedoch fallen lt. BDA ca. 20 Prozent der untersuchten Kinder durch das Erkennungsraaster. Meist werden Schwachsichtigkeiten erst zum Schuleintritt mit sechs Jahren erkannt, was für eine entsprechende Behandlung zu spät ist.

Aus dem vorangegangenen Projekt „Machbarkeitsstudie zum Einsatz von Eye-Tracking-Technologie zur Amblyopieprävention bei Kleinkindern“ stand bereits ein Prototyp basierend auf dem Qt-Framework mit dem Eye-Tracker Tobii X2-60 zur Verfügung. Der Bericht des Vorgängerprojektes ist in der Schriftenreihe 2015 Heft 23 enthalten.

Das Konzept des bestehenden Prototyps ist in Abbildung 1, mit einem eingeblenden Preferential-Looking-Test bild dargestellt. Das Konzept sieht vor, die Blickpositionen der Testperson während eines Testspiels aufzuzeichnen und anhand dieser Daten über Erfolg oder Misserfolg des Sehtests zu entscheiden. Dabei ist es notwendig, dass das Testbild eine unterbewusste Reaktion auslöst.

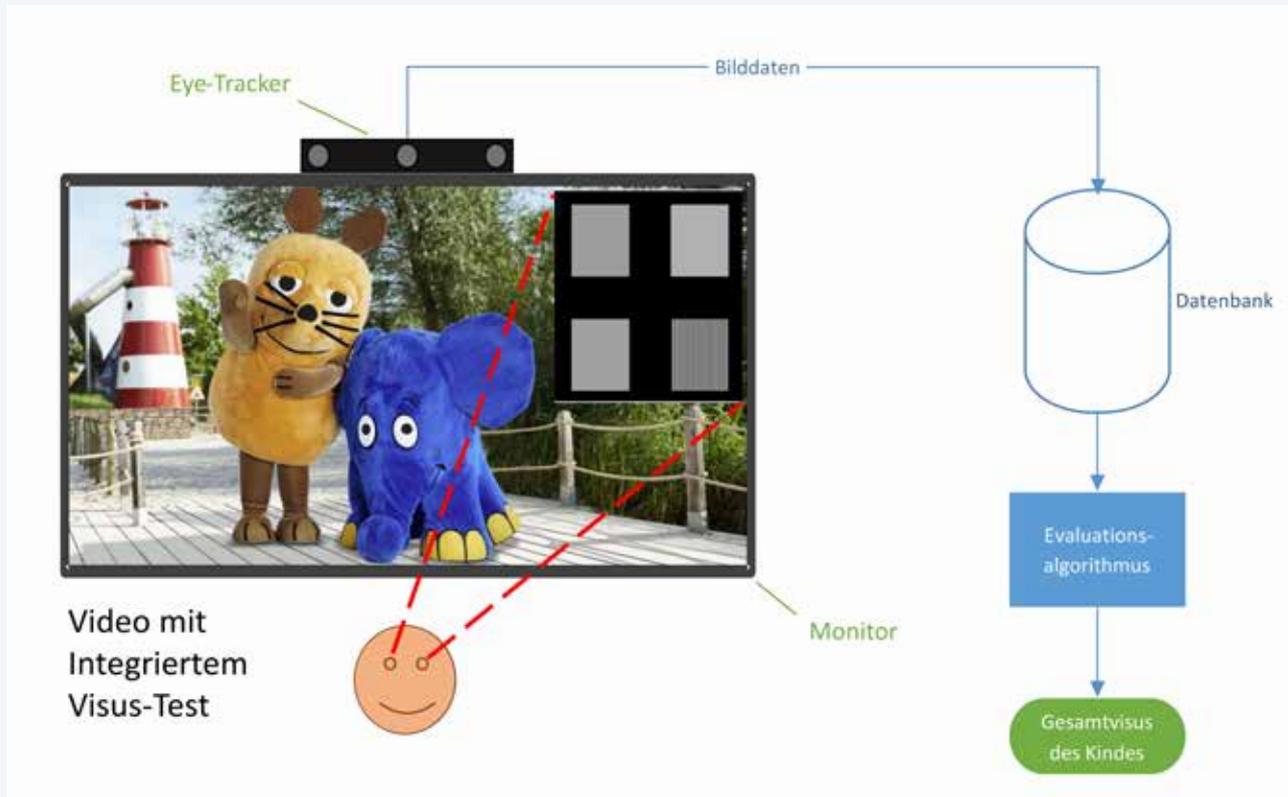


Abbildung 1: Konzept des bestehenden Prototyps, wie er bei der „Lange Nacht der Wissenschaften“ vorgestellt wurde; Grafik: Sascha Herold (editiert); (Org.: RVSpieleland, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Maus_und_Elefant_im_Spieleland.jpg, CC BY-SA 4.0)

3. Ziele des Forschungsprojekts

Das Ziel des Projekts genesis-VisionTest ist es, ein System zur Erkennung von Auffälligkeiten im funktionalen Sehen von Kindern im Alter von 2 bis 6 Jahren zu erkennen. Dabei sollen Sehtests in Spiele integriert werden, um so unauffällig das Sehvermögen zu testen. Das Projekt wird in Kooperation mit der Frühförderung des BBS (Bildungszentrum für Blinde und Sehbehinderte) Nürnberg durchgeführt.

Das System soll für einen gewissen Zeitraum in einer Kindergartengruppe aufgestellt werden. In dieser Phase spielen die Kinder die Genesis-Spiele, wobei das System die Daten über ihr Sehverhalten aufzeichnet. Bei einer gewissen Schwelle an Auffälligkeiten gibt das System einen Vorschlag an den zuständigen Orthoptisten, das Kind noch einmal näher auf die vom System erkannten Sehstörungen zu untersuchen.

Das erste Ziel des Projekts ist es, das Konzept mit einer Machbarkeitsstudie zu überprüfen. Dies ist notwendig, weil die derzeitige Forschungslage bislang nicht klären konnte, welche kognitive Verarbeitungsmethode bei der Zielaltersgruppe dominiert und ob das unbewusste Testen möglich ist. Das bestehende Konzept für den genesis-VisionTest wurde bereits in Punkt 2 kurz beschrieben.

Im Vorfeld der Machbarkeitsstudie untersuchten Jutta Hafki und Daniela Vollweiler (Fakultät Sozialwissenschaften) in Zusammenarbeit mit dem Team der Fakultät Elektrotechnik Feinwerktechnik Informationstechnik zunächst die Wirkung des Prototyps auf Kinder, bzw. deren Interaktion mit dem System, im gewohnten Umfeld des Kindergartens. Weil sich bei der o.g. Untersuchung herausstellte, dass der Eye-Tracker die Kinder nicht detektieren konnte, musste das Team die Machbarkeitsstudie zurückstellen.

Daraus abgeleitet war die neue Aufgabe, einen neuen Eye-Tracker zu finden, anzubinden und zu evaluieren. Basierend auf den gewonnenen Erfahrungen änderte das Team die Kriterien für den einzusetzenden Eye-Tracker. Der Fokus lag nun auf einem offenen System, das die Anwendung eigener Algorithmen erlaubt und dessen Optik konfigurierbar ist.

Nach der Auswahl und Beschaffung eines Eye-Tracking-Systems hat das Team mit Kindern der Zielaltersgruppe das System evaluiert. Dazu war es erforderlich, eine spezialisierte Testanwendung zu entwickeln. Diese sollte in Konzept und Architektur der genesis-VisionTest-Anwendung ähnlich sein, um für das Projekt wieder verwendet werden zu können. Im Zuge der weitreichenden Softwareänderung portierten die Studierenden den Prototyp auf das .NET-Framework, um die Performance-Probleme (unter 2. beschrieben) zu beheben.

4. Herangehensweise und Forschungsergebnisse

Den Pretest von genesis-VisionTest führten die Studierenden in einem Kindergarten durch. Die Untersuchung legten sie als Beobachtung von drei freiwilligen Testpersonen im Alter von 5 und 6 Jahren an. Ein Teammitglied übernahm den Aufbau und die Bedienung des Prototyps. Die Fragestellungen der Untersuchung waren:

- Wie reagieren die Kinder in der Praxis auf die Testeinheit?
- Ist die Kalibrierung für Kinder im Vorschulalter möglich?
- Wie fehler- und störanfällig ist das Programm im Einsatz mit jungen Kindern?
- Welche Sitzposition und Sitzmöbel sind für das Verfahren geeignet und / oder notwendig?

Bei der Durchführung des Pretests stellte sich heraus, dass der Eye-Tracker Tobii X2-60 keines der Kinder erfassen konnte. Die Studierenden überprüften den Testaufbau mit erwachsenen Personen, die detektiert wurden und kalibriert werden konnten. Somit war es nicht möglich, die Fragestellungen „Kalibrierung“ und „Störanfälligkeit“ zu bearbeiten.

Die Reaktionen der Kinder auf das Testsystem und auf den Testdurchlauf variierten in dieser kleinen Gruppe, so dass die Studierenden keine generelle Aussage zum Verhalten treffen konnten. Bei der Untersuchung der Sitzmöbel zeigte sich, dass das Sitzen auf einem Stuhl in den wenigsten Bewegungen resultierte.

Für die Suche eines neuen Eye-Trackers griff das Team auf die Erkenntnisse des vorangehenden Projekts zurück. Das favorisierte System, Eye-Follower von LC Technologies, konnte die Fakultät aufgrund des hohen Preises nicht beschaffen. Stattdessen kam ein Modell des Herstellers eyetech DigitalSystems zum Einsatz, das den Zugriff auf das Rohbild erlaubt. Bei dem gewählten Modell, eine Entwicklerversion des VT3-mini, lässt sich

zudem die Linse austauschen, um so Testpersonen in unterschiedlichen Distanzen zu erfassen. Ein weiterer Vorteil gegenüber dem bisher verwendeten Eye-Tracker ist die einstellbare Samplefrequenz von 30Hz bis 120Hz. Mit der höheren zeitlichen Auflösung ist es möglich, Sakkaden genauer zu untersuchen.

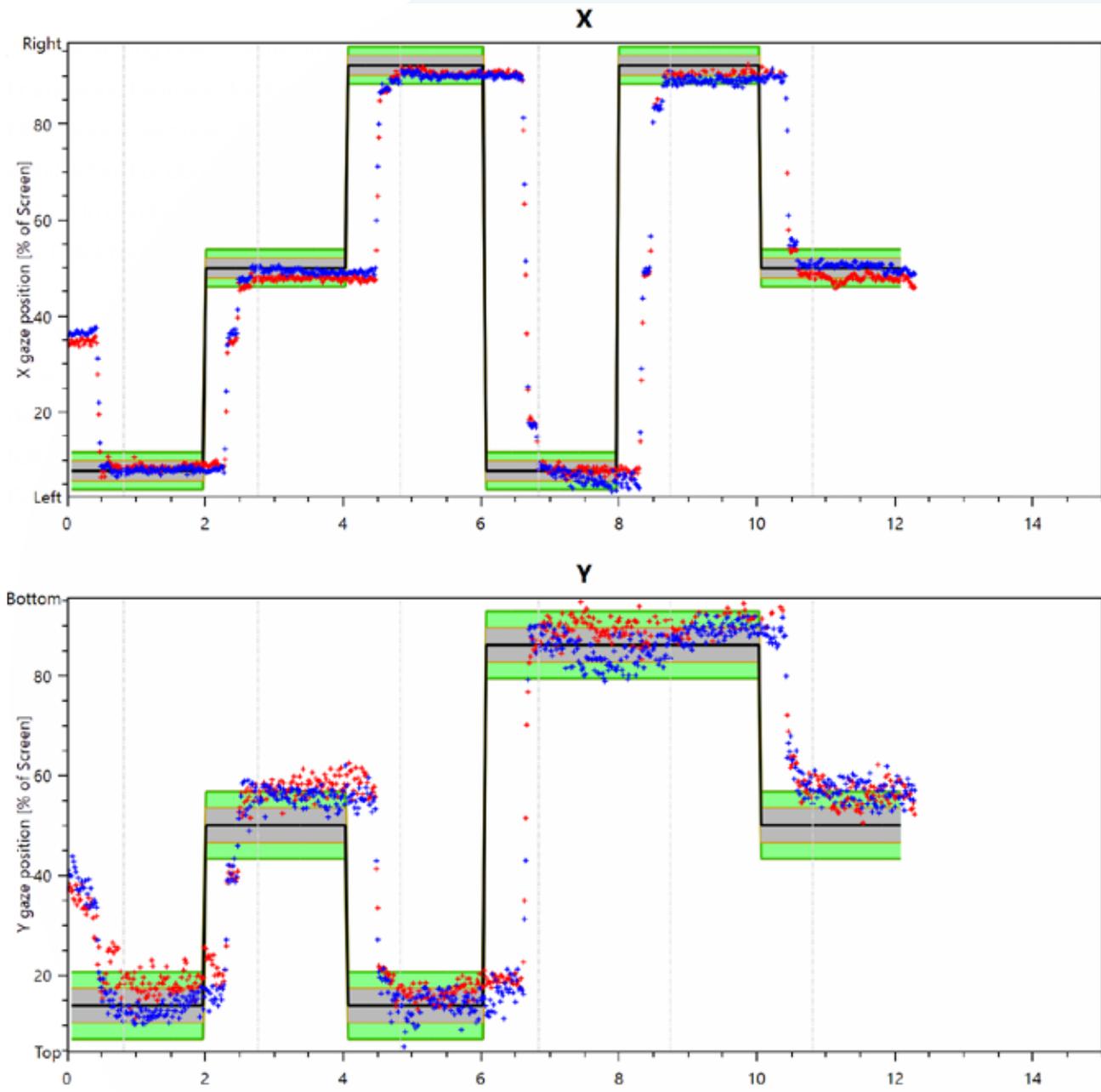


Abbildung 2: Aufgezeichnete Blickpositionen während der Evaluation, schwarz: Stimulus-Zentrum, grau: Fläche des Stimulus, grün: Toleranzbereich, Ursprung: linke obere Bildschirmecke, x: horizontal, y: vertikal, blau: linkes Auge, rot: rechtes Auge, jew. x-Achse: Zeit in Sekunden, Samplefrequenz: 60 FPS
Grafik: Michael Jank

Im Testdurchlauf, der in Abbildung 2 dargestellt ist, liegen die gewonnenen Blickdaten vornehmlich im erlaubten Bereich. Die Blickdaten der Stimulus-Position in der Bildschirmmitte sind mit einem Offset versehen. Die geometrische Lage der Blickpositionen ist in Abbildung 3 dargestellt. Die Studierenden ermittelten, dass rund 77 Prozent der Blickpositionen innerhalb des Toleranzbereiches liegen. Da sie die Grenze für die Evaluation >90 Prozent angesetzt, ist dies ein nicht erfolgreicher Evaluierungsdurchlauf.

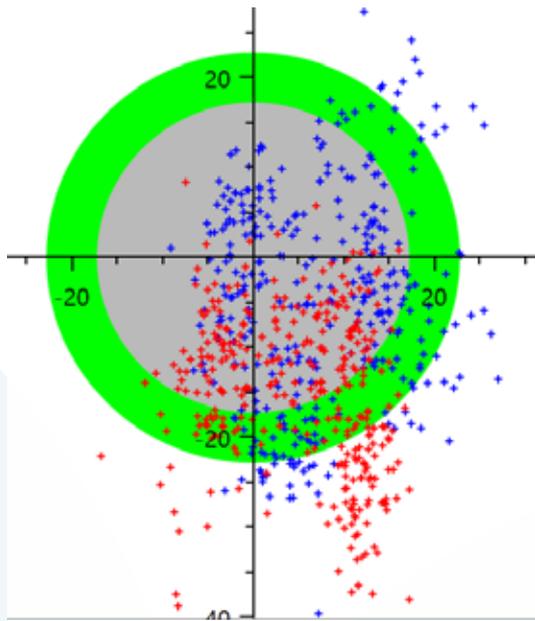


Abbildung 3: Blickpositionen relativ zum Stimulus-Zentrum, während der Fixierungen, blau: rechtes Auge, rot: linkes Auge, x/y: Abstand zum Stimulus-Zentrum in mm; Grafik: Michael Jank

Die Evaluierung zeigte, dass der Eye-Tracker eyetech VT3-mini bei 5 von 18 Evaluierungsdurchläufen von Kindern der Zielaltersgruppe >90 Prozent Blickdaten im Toleranzbereich lieferte. Durch die Analyse der aufgezeichneten Rohdaten konnten die Studierenden Schwachstellen im Testaufbau ausmachen. Für den Testverlauf ist es erforderlich, dass die Kinder insbesondere ihre aktiven Kopfbewegungen während der Aufzeichnungen vermindern, was durch eine Verringerung des erforderlichen Blickwinkels erreicht werden kann.

Mit einem korrigierten Testaufbau hält das Team den Eye-Tracker für das Projekt geeignet. Die Anpassung des Testaufbaus und die Implementierung des Preferential-Lookingtest sind die erforderlichen Schritte zur Durchführung der Machbarkeitsstudie.

5. Nachhaltigkeit / Verwertung / wissenschaftliche Arbeiten

Die Ergebnisse des Projektes fließen in das Forschungsprojekt Genesis-VisionTest ein und ermöglichen die Entwicklung verschiedener Analysealgorithmen, sowie deren Test in Probandenversuchen, die in einem Vorlauforschungsprojekt an der TH Nürnberg durchgeführt werden.

Veröffentlichungen:

- Jutta Hafki, Daniela Vollweiler, Projektbericht: Pretest zu Genesis-VisionTest
- Michael Jank, Masterarbeit: Evaluierung einer Eye-Tracking-Plattform zur Erfassung der Blickdaten von Kindern im Alter von 2-6 Jahren







LED Leuchten Design Contest 2016

Prof. Dr.-Ing. Alexander von Hoffmann
Fakultät Elektrotechnik Feinwerktechnik Informationstechnik
TH Nürnberg

Das hier vorgestellte Projekt ist als Wettbewerb unter verschiedenen studentischen Projektteams zu der gleichen Aufgabenstellung zu verstehen. Die Aufgabe der Projektteams ist es unter Einhaltung eines gestellten Budgets in Höhe von 250 EUR pro Studierenden eine innovative LED Leuchte zu gestalten. Hinsichtlich der Art der Lichtquelle sind klare Vorgaben gegeben: Eine spezielle neue LED-Lichtquelle war von den Studierenden in allen Projektgruppen zu verwenden.

Wesentliche Projektziele

Auch bei der Form und Materialauswahl gab es für die studentischen Projektteams Neues zu erforschen: eingesetzt werden konnte von Papier bis hin zu Keramik jeder Werkstoff, der sich mit den Budgetvorgaben umsetzen ließ. Ebenso war hinsichtlich der Fertigungsverfahren von 3D-Druck, Origami Faltechniken bis hin zu Laserschneidverfahren alles erlaubt, was zum Ziel führt.

Basis für die studentischen Projektarbeiten war das bereits erworbene methodische und theoretische Wissen der Studierenden für die Mechatronik / Feinwerktechnik, z. B. in den Fächern „CAD Konstruktion“ und „Technische Optik“.

Das didaktische Konzept sieht vor, dass die Studierenden in die Richtlinie VDI 2221 „Methodik zum Entwickeln und Konstruieren technischer Systeme und Produkte“ eingeführt werden und damit zur Lösung wissenschaftlicher Fragestellungen befähigt werden sollen.

1. Projektdaten

Fördersumme	beantragt: 5.000 Euro (ausgegeben: nur ca. 4.000 Euro) unter Einbindung von 16 Studierenden
Laufzeit	März bis Dezember 2016
Fakultät / Institut / Kompetenzzentrum	Fakultät Elektrotechnik Feinwerktechnik Informationstechnik
Projektleitung	Prof. Dr.-Ing. Alexander von Hoffmann
Kontaktdaten	E-Mail: alexander.vonhoffmann@th-nuernberg.de

2. Ausgangslage

Der Antragsteller unterrichtet bereits seit vielen Jahren jedes Semester insgesamt 10-20 Studierende der mechatronischen Bachelor- und Masterstudiengänge in der Lehrform „Projektarbeit“, die im Studienplan mit 6 SWS fest verankert ist. Diese Projektarbeiten werden üblicherweise in Kleingruppen von 2-4 Studierenden durchgeführt und sollen den Studierenden damit neben den fachlichen Aspekten auch das Kennenlernen der Methoden zur Entscheidungsfindung in der Teamarbeit ermöglichen, damit später im Beruf Aufgaben kompetent und systematisch bearbeitet werden können. Die Förderrunde 2016 setzte den LED Leuchtdesign Contest aus dem Jahr 2015 in einer neuen Wettbewerbsrunde fort.

3. Ziele des Lehrforschungsprojekts

Die Einheit von Forschung und Lehre entspricht dem heutigen Verständnis des humboldtschen Bildungsideals. Üblicherweise wird hier der Professor als Protagonist gesehen, der seine aktuellsten Forschungsergebnisse in der nächsten Vorlesung seinen Studierenden vermitteln kann.

Prof. Dr. Alexander von Hoffmann setzte sich im vergangenen Sommersemester wieder zum Ziel, noch einen Schritt weiter zu gehen und brachte die Studierenden selbst in die Rolle der forschend Lernenden. Um das Konzept für die Studierenden attraktiv zu gestalten, kombinierte er den Ansatz des forschenden Lernens mit dem Wettbewerbsgedanken:

Sechzehn Bachelorstudierende der Fakultät (Förderrunde 2015: zwölf Studierende) erhielten die Aufgabe, jeweils eine eigene ansprechende LED-Leuchte zu gestalten und als Muster aufzubauen. Bei der Lösung der Aufgabe standen sie nicht nur untereinander im sportlichen Wettbewerb, sondern mussten im Team mit einem bis drei weiteren Kommilitonen die eigenen Leuchten so gestalten, dass alle innerhalb eines Teams entstandenen Leuchten als Teil der gleichen Produktfamilie erkennbar waren. Abweichend von der Wettbewerbsrunde 2015 fanden im Jahr 2016 keine Retrofit Leuchten (LEDs in Glühlampen-Form) Einsatz, sondern LED-Bänder auf flexiblen Platinen.

4. Herangehensweise und Forschungsergebnisse

Die Projektteams lösten dies teilweise dadurch, dass innerhalb jedes Teams die gleichen Werkstoffe und Fertigungsverfahren eingesetzt wurden. Zwei Projektteams verwendeten Holz bzw. Holz furnier als Werkstoff und setzten ein computergestütztes Laserschneidverfahren zur Fertigung der Leuchtenmuster ein. Dieses Verfahren wurde auch von einem weiteren Team verwendet, die sich für Blech als Werkstoff entschieden. Ein viertes Team entschied sich für ein transparentes Harz als Werkstoff, das in den Laboren der Fakultät Werkstofftechnik in Formschläuche mit eingelegten LED Bändern gepumpt wurde und dort aushärtete. Hier brachte Prof. Dr. Kurt-Martin Beinborn aus der Fakultät Werkstofftechnik seine Expertise mit ein.

Die Studierenden hatten während des Semesters einmal pro Woche ein Teamgespräch mit Prof. Dr. Alexander von Hoffmann und zwei Samstagworkshops: Felix Thiele und Steven Dave aus der Fakultät Architektur gaben eine Einführung in das computergestützte Entwerfen von designrelevanten Bauteilen mit dem algorithmischen Modellierprogramm Grasshopper®.

Wie am Semesteranfang geplant, konnten die Studierenden ihre Arbeitsergebnisse am 30. September 2016 einer extern besetzten Jury vorstellen. Der erste Platz wurde an das Team der Studierenden Christian Günl, Nelida Somesfalean, Elodie Michelle Lemofouet und Kübra Citak vergeben. Die Jury zeigte sich bei dieser Leuchte beeindruckt von dem Spiel mit Licht und Schatten, das nicht nur in unmittelbarer Draufsicht auf die Leuchte interessant wirkt, sondern auch den Raum in ein besonders attraktiv inszeniertes Licht hüllt. Die von dem Siegerteam im Jurygespräch eingesetzte Präsentationstechnik, die auf den Einsatz eines Videobeamers weitgehend verzichtete, wurde sehr gelobt.

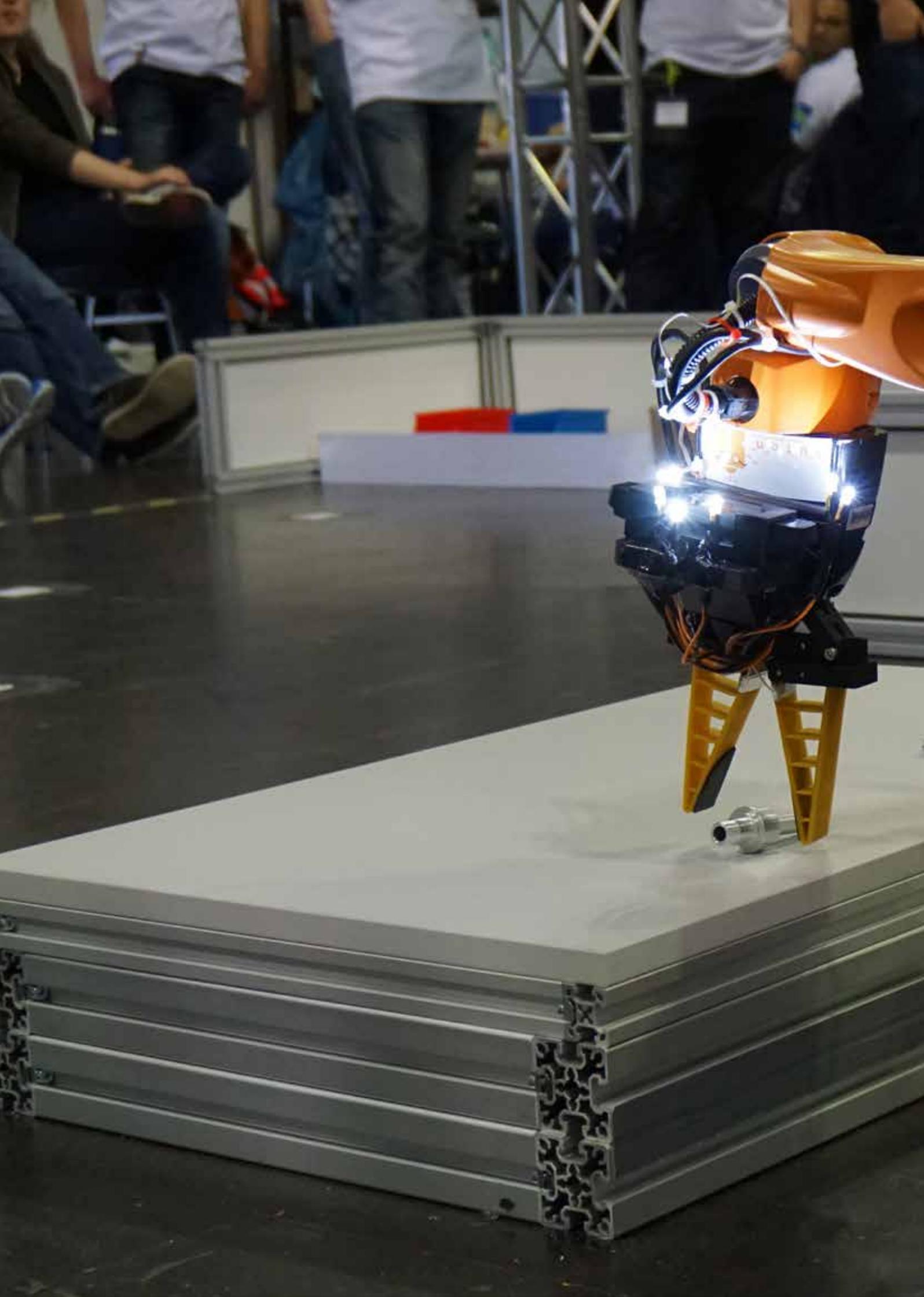


Abbildung 1: Erster Platz: Die Metalleuchte. Foto: Alexander von Hoffmann

5. Nachhaltigkeit / Verwertung / wissenschaftliche Arbeiten

Medial konnten die Ergebnisse der Arbeit und entstandenes Bildmaterial durch einen Bericht in den Kurznachrichten auf der Webseite der TH Nürnberg und in Zusammenhang mit dem Webrelaunch 2017 gut verwertet werden. Das Lehrforschungsangebot wurde entsprechend der Evaluierungsordnung der TH Nürnberg im Mai 2016 einer Evaluierung unterzogen und die Ergebnisse konnten noch in der laufenden Wettbewerbsrunde berücksichtigt werden.

Aus Mitteln der Lehrforschungsrunde 2015 konnten seinerzeit rund 1.000 Euro eingesetzt werden, um die Werkstatt des CAD-Labores der Fakultät efi mit Modellbauwerkzeug und Sicherheitsausrüstung auszustatten. Diese Ausrüstung fand in der Wettbewerbsrunde 2016 wieder ihren Einsatz. Der LED Leuchtendesign Contest wird aufgrund der guten Resonanz im SS 2017 ein drittes Mal als Lehrforschungsprojekt angeboten.





KUKA

442P

KUKA

KUKA
evocortex



Mobile Robotik – Experimentelles Forschen von der KinderUNI bis zur Promotion

Prof. Dr. Stefan May
Prof. Dr. Christine Niebler
Prof. Dr. Jörg Arndt
Christian Pfitzner, M. Sc.
Dipl.-Ing. Jon Martin Garechana
Fakultät Elektrotechnik Feinwerktechnik Informationstechnik
TH Nürnberg

Das Ziel des Projekts 'Mobile Robotik – Experimentelles Forschen von der KinderUNI bis zur Promotion', ist es, Studierende aus verschiedenen Fachrichtungen in einem gemeinsamen Projekt im Bereich der mobilen Robotik zu fördern. Die Zusammenarbeit Studierender verschiedener Fachrichtungen ist dabei ein wichtiges Merkmal, um auch die Bedeutung anderer Disziplinen hinsichtlich des Projekterfolgs zu erfahren. Angefangen bei der KinderUNI ist das Ziel, schon Kinder im Alter zwischen 8 und 12 Jahren für das Thema Robotik zu begeistern. Anhand von mobilen Robotersystemen lernen Studierende im Grundstudium Grundlagen und Problemstellungen der mobilen Robotik kennen. Darüber hinaus können sich Studierende in den Masterstudiengängen in Forschungsgebiete der mobilen Robotik vertiefen. Hervorzuheben ist die Einbindung von Studierenden des Studiengangs Master of Applied Research (MAPR), wodurch Kontinuität und Wissenstransfer im Team auf einem hohen Niveau ermöglicht wird. Bei der Teilnahme am RoboCup, einem internationalen Wettbewerb zur Förderung von Forschung unterschiedlicher Anwendungsgebiete, können Studierende ihre erlernten Kenntnisse anwenden und treten in einem wissenschaftlichen Wettstreit gegen Teams anderer Forschungseinrichtungen an. Durch die Förderung konnte die Teilnahme zweier Teams an der RoboCup Weltmeisterschaft 2016 in Leipzig finanziert werden. In der Disziplin der Erkundungsrobotik (Rescue League) erreichte das Team das Finale mit einem erfolgreichen fünften Platz in der Gesamtwertung. Bei der Teilnahme in der Disziplin der Industrieautomatisierung erzielte unser @work-Team ebenso einen beachtlichen fünften Platz. Beide Teams sind bereits für die RoboCup GermanOpen 2017 in Magdeburg registriert.

Wesentliche Projektziele

1. Projektdaten

Fördersumme	7.400 Euro
Laufzeit	Januar bis Juli 2016
Fakultät / Institut / Kompetenzzentrum	Fakultät Elektrotechnik Feinwerktechnik Informationstechnik
Projektleitung	Prof. Dr. Stefan May, Prof. Dr. Christine Niebler, Prof. Dr. Jörg Arndt, Christian Pfitzner, M. Sc., Dipl.-Ing. Jon Martin Garechana
Kontaktdaten	E-Mail: stefan.may@th-nuernberg.de

2. Ausgangslage

Die beiden Teams der TH Nürnberg treten unter dem gemeinsamen Namen AutonOHM bereits seit 2012 an den Meisterschaften der Roboter an. Angefangen hat alles mit den deutschen Meisterschaften, dem RoboCup German Open 2012 in Magdeburg, im Bereich Rettungsrobotik. Bei diesem ersten Wettkampf mit dem Roboter Georg erreichten die Studierenden auf Anhieb den siebten Platz.

Das Team AutonOHM verbesserte sich kontinuierlich durch die Optimierung von Algorithmen und den Einsatz des neuen Roboters Simon: Nach zwei Vizemeistertiteln folgte 2015 auch der Deutsche Meistertitel. 2015 nah-

men Studierende und wissenschaftliche Mitarbeiter der Hochschule auch erstmals an dem Wettkampf in der @work-Liga teil. Durch diese Erfolge waren die Teams für die RoboCup Weltmeisterschaft 2016 in Leipzig qualifiziert.



Abbildung 1: Arbeiten vor Ort beim RoboCup: Die Teams arbeiten an zahlreichen Problemstellungen, um eine gemeinsame Aufgabe zu bewältigen.
Fotos: Christian Pfitzner

3. Ziele des Forschungsprojekts

Das Ziel des Forschungsprojektes 'Mobile Robotik – Experimentelles Forschen von der KinderUNI bis zur Promotion' ist es, Studierende im Bereich der mobilen Robotik intensiv zu fördern. Wichtig ist dabei die Verknüpfung vieler Disziplinen. Es arbeiten Studierende der Fachrichtung Elektro- und Informationstechnik, Mechatronik, Maschinenbau und Medizintechnik in einem Team gemeinsam an mechanischen, kinematischen, elektronischen oder informationstechnischen Problemstellungen. Die Teilnahme an RoboCup-Wettbewerben ist dabei ein zentrales Schlüsselement für eine praxisnahe Umsetzung von Lehrinhalten und die eigene Erfolgskontrolle.

4. RoboCup Weltmeisterschaft 2017 in Leipzig: Vorbereitung und Teilnahme

2017 trafen sich Forschungsgruppen und Hochschulen zusammen mit ihren Robotern zu den Weltmeisterschaften in Leipzig. Der jährlich stattfindende RoboCup zog dieses Jahr an vier Wettkampftagen etwa 40.000 Besucher zur Messe Leipzig an. Insgesamt 3.500 Teilnehmer aus über 40 Ländern zeigten ihre Roboter in unterschiedlichen Disziplinen wie zum Beispiel Fußballrobotik, Industrierobotik oder auch Haushaltsrobotik. Mit dabei waren auch zwei Teams der TH Nürnberg, bestehend aus Studierenden und Promovierenden der Fakultät Elektrotechnik Feinwerktechnik Informationstechnik, die in den Ligen für die Rettungsrobotik und die Industrierobotik (@work) antraten.

Rettungsrobotik: Neue Regeln und ein neuer Roboter

In der Rettungsrobotik bestand die Aufgabe eines Roboters bei bisherigen Wettkämpfen darin, ein Labyrinth nach Personen zu durchsuchen. Dieser Parcours stellt ein Gebäude nach einem Erdbeben nach, mit eingestürzten Wänden und Treppen, mit wenig Platz zum Manövrieren. Babypuppen mit Heizmatten und sich bewegendes Föhnchen simulieren Verschüttete, die auch ein selbstständig agierender Roboter finden kann. Ein Roboter erstellte auf der Suche nach Opfern eine Karte für potentielle Rettungskräfte, damit diese schnell zum Verletzten vordringen können.

Seit diesem Jahr legte der Veranstalter ein neues Konzept für den Wettkampf vor: Nicht mehr einen großen Parcours gilt es zu absolvieren, sondern viele einzelne Tests. In einer 15 Minuten dauernden Runde gilt es, so viele

Wiederholungen zu absolvieren wie möglich. Die Aufgaben stammen dabei aus Erfahrungsberichten von realen Einsätzen. In einem Testszenario geht es darum, möglichst häufig eine Treppe herauf und herunter zu fahren. In einem anderen Szenario sind möglichst viele Türen mittels eines Roboterarms zu öffnen. Der Veranstalter möchte durch die Standardisierung eine höhere Vergleichbarkeit für die Teams schaffen. Erschwerend kommt hinzu, dass Teams nur noch einen Roboter verwenden dürfen. Scheidet dieser durch einen Defekt aus, so kann das Team keine Punkte mehr erhalten, die in die Gesamtwertung eingehen. Auch Reparaturen müssen vorab mit den Juroren abgesprochen werden.

Das Team AutonOHM trat dieses Jahr mit einem neuen Roboter an: Schrödi ist ein kettengetriebener ca. 70 Kilogramm schwerer Roboter, der von der FH Kärnten über die letzten beiden Jahre entwickelt wurde. Neben dem neuen Antriebskonzept verfügt Schrödi über einen Roboterarm, mit dem er Gegenstände bewegen oder auch Türen öffnen kann.

Während des Wettkampfs kam es mehrfach zu Defekten am Antriebsstrang, was die Studierenden und Mitarbeiter zwang, den Fokus auf mechanische Reparaturen zu setzen statt auf Softwareentwicklung. Nach den ersten drei Wettkampftagen qualifizierte sich das Team mit dem 6. Platz für das Finale. Im Finale wurden alle Testboxen wieder zusammengefügt, so dass ein großer Parcours entstand, mit den gleichen Regeln wie in den Jahren davor. Im Finallauf konnte sich das Team noch mal um einen Platz verbessern und erreichte so den 5. Platz.

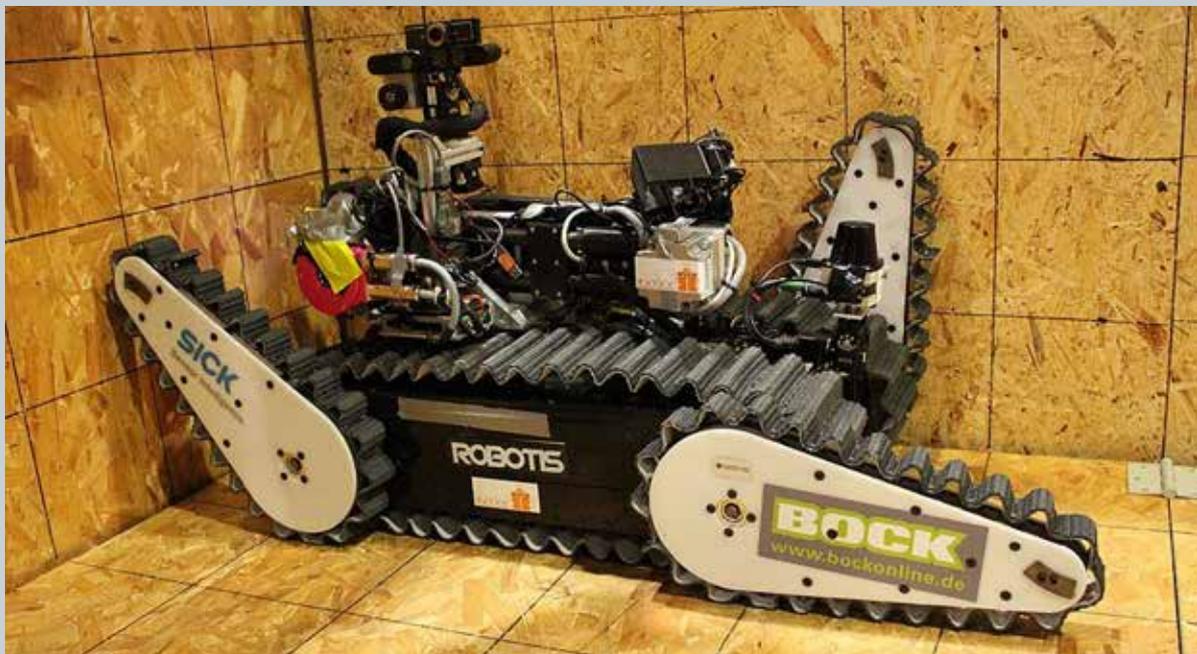


Abbildung 2: Roboter „Schrödi“: Benannt nach „Schrödingers Katze“ (Erwin Schrödinger 1887-1961, österreichischer Physiker und Wissenschaftstheoretiker). Bis zum RoboCup in Leipzig konnte der Roboter nicht vollständig in Betrieb genommen werden, wodurch dessen Funktionsfähigkeit nicht sichergestellt war. Sein Zustand wurde scherzhaft mit dem von „Schrödingers Katze“ verglichen, die in Schrödingers Gedankenexperiment zum gleichen Zeitpunkt sowohl lebendig als auch tot war, und erst im Moment einer Messung (=RoboCup) eindeutig festgelegt wurde. Foto: Team AutonOHM

RoboCup@work

Im Jahr 2015 nahm das Team AutonOHM zum ersten Mal an einem Wettkampf der @work-Liga teil, dem RoboCup German Open in Magdeburg. Obwohl zu diesem Zeitpunkt alle Teammitglieder noch relativ unerfahren in dieser Disziplin waren, konnten die Grundaufgaben des Wettbewerbs bewältigt werden. Am Ende belegte das Team den fünften Platz aus sieben Teilnehmern.

Die RoboCup Weltmeisterschaft 2016 in Leipzig stellte das Team jedoch vor neue Herausforderungen. Es waren nur noch zwei Mitglieder aus dem Vorjahreswettkampf dabei, vier Studenten kamen neu hinzu. Zudem war die Konkurrenz mit acht Mannschaften aus der ganzen Welt diesmal noch stärker. Dennoch konnte das Team auf die Erfahrungen aus dem Jahr 2015 aufbauen und auch die neuen Mitglieder brachten bereits Vorwissen mit. Vor dem Wettkampf entwickelte das Team vieles von Grund auf neu: Sie tauschten den im Roboter vorhandenen Computer gegen einen leistungsfähigeren aus. Eine 3D-Bildverarbeitung löste die reine 2D-Objekterkennung ab. Sie versetzten den Roboterarm, um Teile noch besser erreichen zu können. Und ein genaueres, selbstentwickeltes Lokalisierungssystem ersetzte die alte Lösung.

Auch vor Ort in Leipzig verbesserte das Team den Roboter fortwährend mit Hard- und Softwareänderungen. Noch während der Wettkampftage entwickelten sie einen Sensor, der das erfolgreiche Greifen eines Objektes detektierbar machte. Ein Bildverarbeitungsalgorithmus trug dazu bei, Absperrbereiche besser umfahren zu können. Am wichtigsten waren Optimierungen in der 3D-Bildverarbeitung, um zusätzliche Objekte finden und greifen zu können.

Am Ende der anstrengenden, aber spannenden und lehrreichen Woche in Leipzig erreichte das Team den fünften Platz aus neun teilnehmenden Teams.



Szenen aus einem Wettkampf in der @work-Liga. Beide Bilder zeigen den Einsatz des Roboters YouBot der Technischen Hochschule Nürnberg.
Fotos: Team AutonOHM

5. Nachhaltigkeit / Verwertung / wissenschaftliche Arbeiten

Das Team AutonOHM verbessert sich jährlich mit jeder Wettkampfteilnahme. Für die RoboCup German Open 2017 in Magdeburg ist das Team bereits registriert. Die Studierenden dokumentieren ihre Arbeit in einem internen Wiki, um so den Wissenstransfer zwischen den Projektgruppen zu organisieren. Viele Abschluss- und Projektarbeiten trugen zu den Erfolgen der beiden Teams bei:

Projekt-/ Abschlussarbeiten mit Schwerpunkt mobiler Robotik

- Daniel Ammon, Masterarbeit, „Entwicklung eines Lokalisierungssystems für fahrerlose Transportsysteme“
- Daniel Ammon und Tobias Fink, Forschungsmasterbericht, „Random Normal Matching: A Probability-based 2D Scan Matching Approach using Truncated Signed Distance Functions“
- Helmut Engelhardt, Bachelorarbeit, „Objekterkennung und Posenbestimmung mit Hilfe einer RGB-Tiefenkamera für autonome Industrieroboter“
- Franziska Frenzel, „Kamera-basierte Interaktionsschnittstelle für ein autonomes mobiles Robotersystem“
- Andreas Harrer, Bachelorarbeit, „Evaluierung, Entwicklung und Implementierung eines Sensorkopfs für einen mobilen Rettungsroboter“
- Alexander Gsell, Bachelorarbeit, „Autonomes Greifen von Teilen durch einen YUBOT-Roboter für den RoboCup@work-Wettbewerb“
- Michael Schmidpeter, Masterarbeit, „Pfadplanung von mobilen Multi-Robotersystemen für die Fertigungs-Intralogistik“
- Jasmin Ziegler, Bachelorarbeit, „Effizientes Transportauftragsmanagement für ein ausfallsicheres Multi-Roboter-Netzwerk“

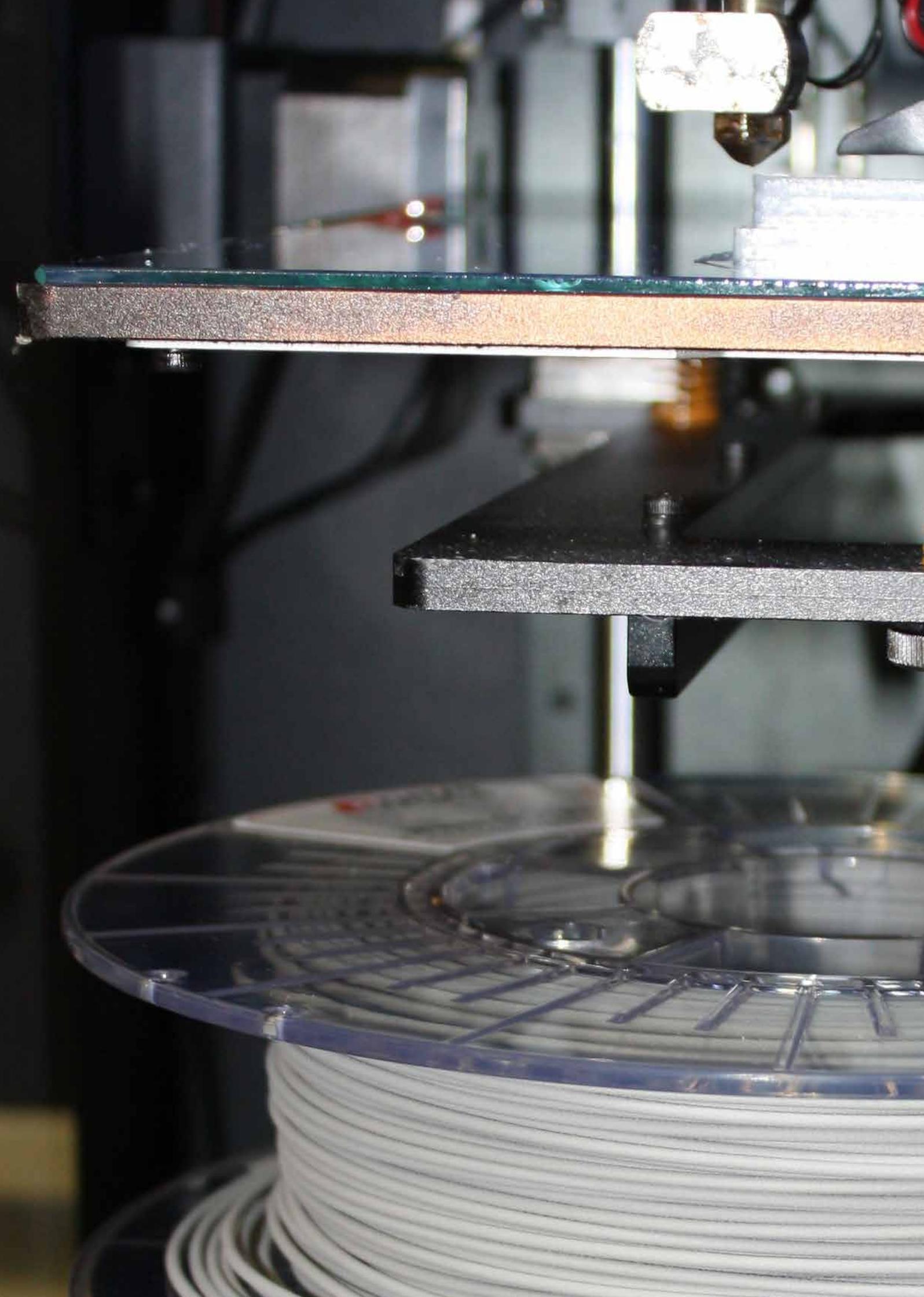
6. Publikationen

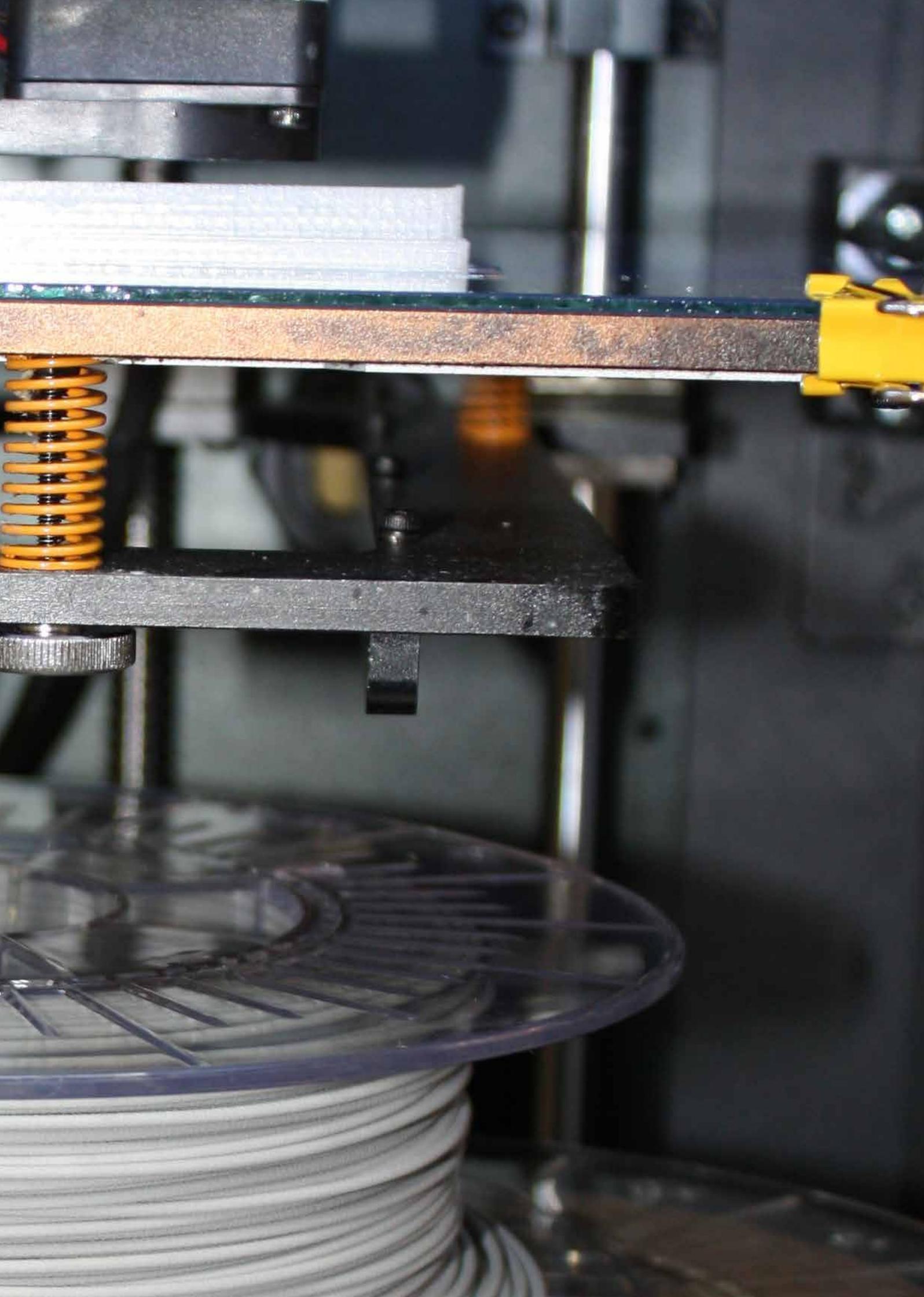
Philipp Koch, Stefan May, Michael Schmidpeter, Markus Kühn, Christian Pfitzner, Christian Merkl, Rainer Koch, Martin Fees, Jon Martin, Daniel Ammon, Andreas Nüchter, „Multi-Robot Localization and Mapping Based on Signed Distance Functions“, Journal of Intelligent and Robotic Systems, September 2016, Volume 83, Issue 3, pp 409-428

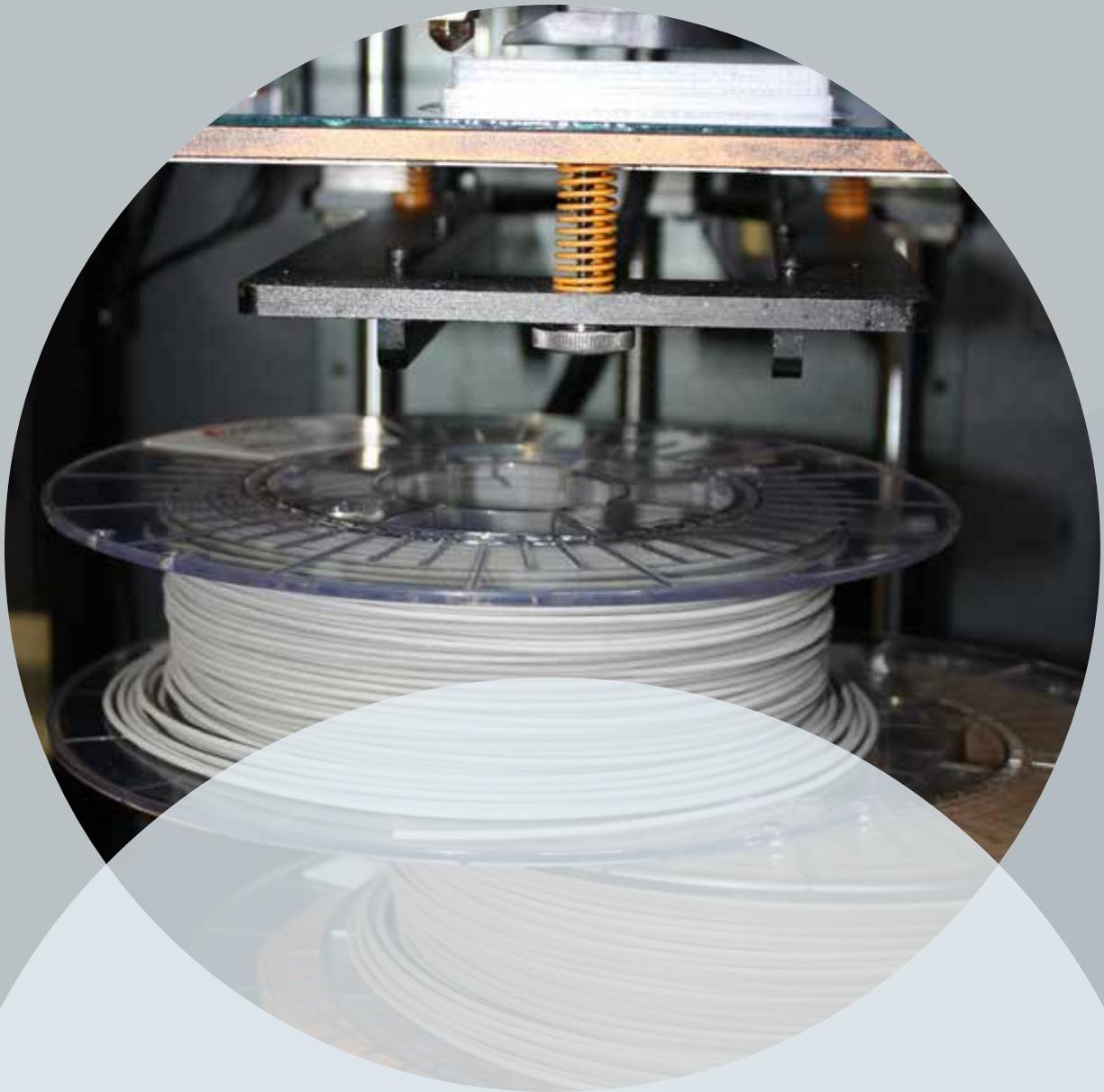
Rainer Koch, Stefan May, Patrick Murmann, Andreas Nüchter, „Identification of Transparent and Specular Reflective Material in Laser Scans to Discriminate Affected Measurements for Faultless Robotic SLAM“, Journal of Robotics and Autonomous Systems, October 2016, Volume 87, pp 296-312

Jon Martin Garechana, „An Autonomous Transport Vehicle in an Existing Manufacturing Facility with Focus on the Docking Maneuver Task“, accepted for publication at ICCAR'2017, Nagoya, Japan, April 22-24, 2017

Christian Pfitzner, Martin Fees, Markus Kühn & Stefan May, „RoboCup Rescue 2016 Team Description Paper AutonOHM“, https://www.researchgate.net/publication/304986568_RoboCup_Rescue_2016_Team_Description_Paper_AutonOHM







FilamentMeltflowRatio für 3D-Drucker (FMR)

Prof. Dr. Michael Mirke
Fakultät Werkstofftechnik
TH Nürnberg

3D-Druck ist ein Forschungsthema mit einer rasant wachsenden Bedeutung, auch bei Privatanwendern. Das FFF (FusedFilament-Fabrication)-Verfahren, bei dem über das Ablegen geschmolzener Kunststofffilamente dreidimensionale Körper erstellt werden, wird häufig eingesetzt. Für das Gelingen ist daher das Schmelzverhalten dieser Filamente ein wichtiges Kriterium.

Wesentliche Projektziele

Im Projekt wurde ein für den Privatanwender umsetzbares Prüfverfahren entwickelt, das die anwendungsnahe Untersuchung dieses Schmelzverhalten ermöglicht. Tests mit diesen Verfahren an Filamenten mit einer unterschiedlichen Kunststoffbasis ergaben qualitativ bekannte Material-Eigenschaften, sie zeigten aber auch unerwartete Unterschiede auf zwischen solchen gleicher Kunststoffbasis auf einer quantifizierbaren Basis.

Das Verfahren zeigte sich damit zur Qualitätsprüfung und zur Unterstützung der Optimierung von Kunststofffilamenten sehr gut geeignet.

Im Rahmen des Projekts konnten Studierende der Werkstofftechnik ihre Kompetenz zur F&E entwickeln. Die Ergebnisse mündeten in studentischen Arbeiten.

Das Ziel ist, die mit dem Projekt erstellte Hardware und die gewonnenen Erfahrungen auch in zukünftiger Lehre und Lehrforschung zum Einsatz zu bringen.

1. Projektdaten

Fördersumme	6.100 Euro
Laufzeit	Februar bis Dezember 2016
Fakultät / Institut / Kompetenzzentrum	Fakultät Werkstofftechnik
Projektleitung	Prof. Dr. Michael Mirke
Kontaktdaten	E-Mail: michael.mirke@th-nuernberg.de

2. Ausgangslage

In immer mehr privaten Haushalten werden dreidimensionale Gegenstände gedruckt, der Sektor weist große Zuwachsraten auf. Es wird auch von einer dritten digitalen Revolution (nach Computer und Internet) gesprochen, die die Möglichkeiten der Umsetzung individueller Kreativität erheblich erweitert. In diesem Kontext entstehen Fragen zur Prozessstabilität. Beim im privaten Sektor weitverbreiteten Einsatz von FFF (Fused Filament Fabrication) betrifft dies unter anderem die verwendeten Kunststoffdrähte (Filamente). Ihr Schmelzverhalten hat bestimmten Einfluss auf die Stabilität des Druckprozesses. Den käuflichen Filamenten werden oftmals Empfehlungen für die richtige Drucktemperatur beigelegt. Selten stellen die Hersteller aussagekräftige Datenblätter mit relevanten physikalischen Eigenschaften zur Verfügung. Eine Überprüfung der Angaben im Sinne einer Qualitätssicherung steht dem Privatanwender nicht zur Verfügung. Beispielhaft zeigt Abbildung 1, wie die Temperaturabhängigkeit der Rheologie einer Filamentschmelze das Druckergebnis beeinflussen kann. Das Ziel des Projekts ist es, mit der

Entwicklung einer einfachen und kostengünstigen Prüfmethode zu Untersuchungen des Schmelzverhaltens von Kunststofffilamenten einen Beitrag zur Prozesssicherheit zu leisten.

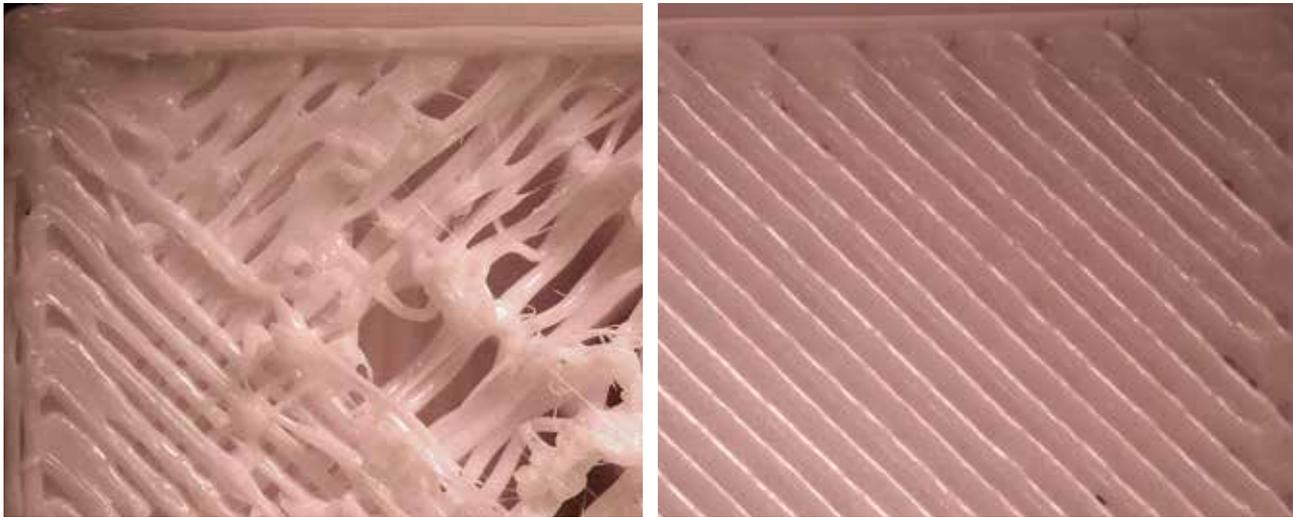


Abbildung 1: Wahl der Düsentemperatur beim FFF-Verfahren: Oberseite eines mit einem PLA-Filament gedruckten Objekts. Links: extrudiert bei 220°C Rechts: extrudiert bei 180 °C; Fotos: Michael Mirke

Eine genormte Standard-Methode zur Überprüfung des Schmelzverhaltens thermoplastischer Kunststoffe, wie sie im Spritzguss oder in der Extrusion verarbeitet werden, ist die MFR-Prüfung (MeltFlowRatio, Schmelz-Masse-Fließrate) nach EN ISO 1133. Bei dieser wird von Kunststoffgranulaten ausgegangen, während im FFF-Verfahren Filamente eingesetzt werden. Am Markt sind MFR-Prüfgeräte unterschiedlicher Anbieter zu Preisen um ca. 10.000 Euro erhältlich, ein für den Privatanwender wenig attraktiver Kostenrahmen.

Die Diskussion um die „richtige“ Drucktemperatur wird bei Privatanwendern daher nicht mit derartigen Untersuchungen geführt. Man versucht über Drucktests bei variierenden Druckparametern (überwiegend der Drucktemperatur) Hinweise zu finden. Viele Beispiele dazu lassen sich auf der Internetplattform Thingiverse (<http://www.thingiverse.com>) finden. [1]

Ein wichtiger Anspruch des Studiums der Werkstofftechnik ist die Kompetenzentwicklung, eigenständig und im Team praktisch forschend arbeiten zu können. Projektarbeiten haben das Ziel, Studierende dorthin zu führen, Abschlussarbeiten bieten die Gelegenheit zur Anwendung der erlernten Fähigkeiten. Nach der Festlegung der Ziele wurden die Entwicklungsaufgaben dieses Projekts von Studierenden bearbeitet und von der Lehrkraft begleitet.

3. Ziele des Forschungsprojekts

Das Projekt will Privatanwendern eine Prüfmethode zur Beurteilung des Druckverhaltens von Kunststofffilamenten für den FFF-Druck zur Verfügung stellen. Das Ziel ist es, ein entsprechendes Verfahren zu entwickeln und Untersuchungen zum Schmelzverhalten von Kunststofffilamenten damit durchzuführen.

Das zu entwickelnde Prüfverfahren soll

- Dem FFF-Verfahren angepasst mit Filamenten arbeiten
- Sich praxisnaher Scherraten bedienen
- Sich in einem Kostenrahmen von deutlich unter 200 Euro bewegen

Die Nutzung einfach zu erwerbender oder selbst herstellbarer Komponenten soll das Prüfverfahren für den Privatanwender attraktiv machen.

Sofern der Aufbau und die damit gewonnenen Ergebnisse im open-source-Charakter veröffentlicht werden, erwartet das Forschungsteam eine weitere Verbesserung und Verbreitung des Verfahrens.

Die Studierenden mussten somit den Prüfaufbau designen, aufbauen und kontinuierlich verbessern.

Die Herausforderung bestand darin, zu zeigen, dass das Verfahren reproduzierbare und relevante Ergebnisse erbringt. Prüfungen an kommerziell erhältlichen Filamenten sollten erste Eindrücke der aktuell marktüblichen Qualitätsstreuung bringen.

Die Aufgabe für die Studierenden war, eigene Lösungswege auszuarbeiten und zu realisieren. Durch gemeinsame Diskussionen mit der betreuenden Lehrkraft über die Ergebnisse wurden Problemlösungswege gefunden und geprüft.

4. Herangehensweise und Forschungsergebnisse

Die Projektschritte unterteilten sich in der Designfindung, dem mechanischen und elektronischen Aufbau sowie die Evaluierung der Funktionsweise durch Versuchsprüfungen. Die Prozesse waren rückkoppelnd und brachten, basierend auf der Messerfahrung, Verbesserungen für das Verfahren. Die im Rahmen der Prüfung des Verfahrens durchgeführten Materialtests führten zu Ergebnissen, aus denen weitere Untersuchungen von Kunststofffilamenten unter Nutzung des Verfahrens abgeleitet wurden.

Vorabrecherchen und -versuche zur Designfindung zeigten:

- Die Extrusionsmethode des im Privatsektor angewendeten FFF-Verfahrens sollte sich weitgehend vom Prinzip und den Bauteilen her nutzen lassen. Vorteilhaft verwendbar sind die gängigen und günstigen Bauteile wie Düse, Beheizung, Temperaturkontrolle und Filamentvorschub.
- Zu modifizieren im Vgl. zum FFF-Verfahren ist der Antrieb des Filamentvorschubs. Dieser erfolgt beim 3D-Druck durch Schrittmotoren. Im angestrebten Prüfverfahren sollte wie bei der MFR-Prüfung die pro Zeiteinheit extrudierte Kunststoffmenge in Abhängigkeit der Düsentemperatur bei konstanter (oder auch gezielt variierbarer) Last auf das Filament bestimmbar werden. Als einfache und kostengünstige Lösung wurde ein selbst zu druckender Zahnstangenantrieb gewählt, der über ein Zahnrad anstatt eines Schrittmotors auf die Filamentvorschubeinheit wirkt. Unterschiedliche Lasten sollen sich durch variable Gewichte bewerkstelligen lassen, die die Zahnstange antreiben.
- Die Beheizung der Düse soll wie im FFF-Verfahren über einen Heizwiderstand, kontrolliert durch einen Thermistor, erfolgen. Die Steuerung dieser Heizung soll ein Mikrocontroller übernehmen, wie das beim FFF-Ver-

fahren im Privatsektor üblich ist. Die Programmierung des Mikrocontrollers kann aus einfach zugänglichen open-source-Projekten abgeleitet werden.

- Die zeitabhängige Bestimmung der extrudierten Menge soll durch Wägung geschehen. Idealerweise wird diese Wägung kontinuierlich online bei der Prüfung durchgeführt. Dazu sollte eine aus einer günstigen Kleinschwaige entnommene Wägezelle ebenfalls mit dem Mikrocontroller ausgelesen werden.

Auf dieser Basis entstand ein erster Entwurf (Abbildung 2), der im nächsten Projektschritt zu realisieren war. [2]

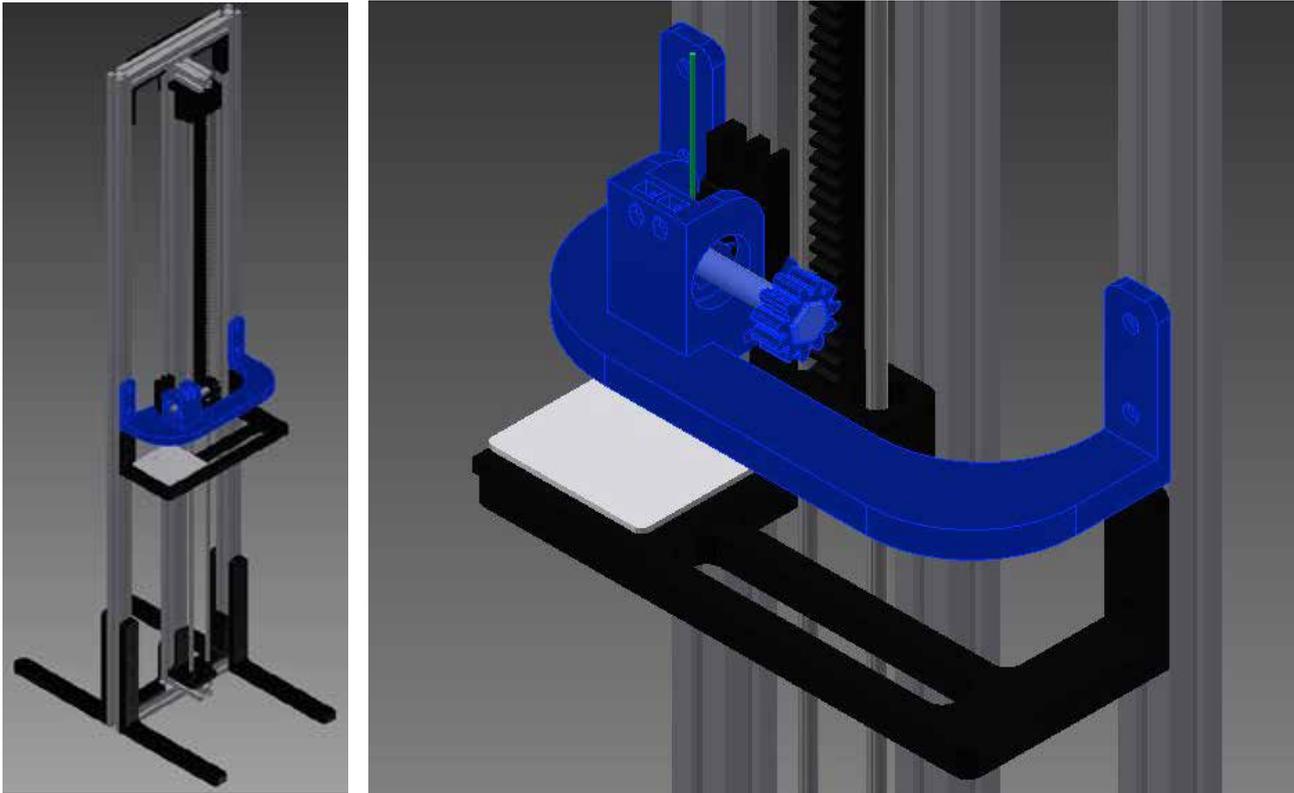


Abbildung 2: Erster Entwurf des mechanischen Versuchsaufbaus. Links: Übersicht Rechts: Detail der Filamentvorschubeinheit (Filament in grün).
Grafik: Fuchs

Ergebnisse von Aufbau und Test:

- Es ist zu aufwändig, im Forschungsprojekt eine eigene Elektronik zu entwickeln. Daher wurde die Düse an die Steuerung eines vorhandenen 3D-Druckers angeschlossen. In der späteren Ausbaustufe wurde ein eigener Mikrocontroller inklusive Erweiterung verwendet, wie er als fertige Komponente zum Aufbau von 3D-Druckern erhältlich ist. Die Steuerung dieser Elektronik erfolgt über eine Freeware-Software, die zur Steuerung von 3D-Druckern gedacht ist.
- Die Idee einer Online-Wägung über eine eigene Elektronik zu installieren, wurde ebenfalls aufgegeben. Stattdessen wurde die Zeit, die eine definierte Länge der Schubzahnstange beim Extrudieren zurücklegt, gestoppt. Die über die Zahnradübersetzung damit gekoppelte Filamentlänge wurde bestimmt. Zusammen mit dem Durchmesser des Filaments und dessen Dichte lassen sich das extrudierte Volumen und die Masse berechnen. Somit stehen die notwendigen Angaben zur Berechnung der Extrusionsrate als pro Zeit extrudiertes Volumen oder Masse zur Verfügung.

- Die Mechanik ist funktionell und kann wie geplant umgesetzt werden
- Eine optional in Düsenhöhe angebrachte USB-Kamera erbrachte interessante Beobachtungen des extrudierten Strangs beim Austritt aus der Düse

Mit dem funktionierenden Versuchsaufbau wurden umfangreiche Prüfungen durchgeführt, die die Reproduzierbarkeit des Verfahrens zeigten und erste Ergebnisse zum Verhalten marktgängiger Filamente ergaben: [3]

- Die beiden am häufigsten im FFF-Verfahren verwendeten Filamentmaterialien PLA und ABS zeigen bei den selben Temperaturen unterschiedliche Extrusionsraten. Passend zu den Drucktemperaturempfehlungen hat PLA bei der identischen Temperatur und identischer Zahnstangenschublast eine höhere Extrusionsrate als ABS.
- Filamente gleicher Polymerbasis (PLA oder ABS), aber verschiedener Lieferanten zeigen unterschiedliche Extrusionsraten bei selber Temperatur und selber Zahnstangenschublast. Dies bedeutet, dass es keine allgemein gültige Drucktemperatur für eine Polymerbasis (z. B. PLA oder ABS) gibt.
- Die Art und Dauer der Filamenttrocknung hat Einfluss auf die Extrusionsrate. Generell zeigten getrocknete Filamente gleichmäßigere, aber auch höhere Extrusionsraten, was auf eine Schädigung der Polymere in Form von Kettenabbau hindeuten könnte. Es ist anzunehmen, dass die Art der Trocknung beim Privatanwender in der Regel nicht kontrolliert durchgeführt wird und dass sie einen starken Einfluss auf das Druckergebnis haben kann. Ein Ergebnis ist, dass der Art der Trocknung mehr Bedeutung zukommt.
- Eine qualitative Korrelation der mit dem entwickelten Verfahren gewonnen Extrusionsrate und den Ergebnissen von MFR-Messungen konnte nachgewiesen werden. Quantitativ müssen beide allein deshalb nicht vergleichbar sein, weil sie sich in der Scherrate unterscheiden.
- Es konnte eine Strangaufweitung beobachtet werden. Der Durchmesser der extrudierten Fäden ist in etwa 20 Prozent größer als der Düsendurchmesser. Dies muss eventuell bei der Berechnung der Kontur von Körpern berücksichtigt werden, die im FFF-Verfahren gedruckt werden. Daraus abzuleiten ist, dass es nicht exakt richtig ist, die Berechnung nur auf dem Düsendurchmesser zu basieren.



Abbildung 3: Versuchsaufbau. Links: extrudierter Strang aus Düse mit USB-Mikroskop beobachtet

Rechts: erste Version (gekoppelt an die Elektronik des 3D-Druckers daneben) und nächste Version (höher, mit USB-Mikroskop); Fotos: Michael Mirke

5. Nachhaltigkeit / Verwertung / wissenschaftliche Arbeiten

Der Entwurf, der Aufbau und Test des geschilderten Verfahrens ermöglichte es den Studierenden, Erfahrung in der forschenden Arbeit zu gewinnen. Sie konnten Vorlesungswissen indirekt einsetzen, aber meist nicht als direkte Lösung verwenden. Sie mussten sich somit durch Transfer und durch eigene Recherche in verschiedensten Quellen helfen. Um zum Forschungsziel zu kommen, war es erforderlich, auf Misserfolge zu reagieren und Alternativwege zu finden.

Die Ergebnisse zeigen den Erfolg dieser Arbeit. Sie mündete bislang auch in einer Abschluss- und einer Projektarbeit. Eine weitere Abschlussarbeit wurde begonnen.

Das Verfahren lässt sich für Untersuchungen zu Fragestellungen nutzen, die die Verarbeitung von Kunststofffilamenten im FFF-Verfahren betreffen. Dazu wurden bereits einige Untersuchungen begonnen, weitere Fragen haben sich daraus ergeben und viele sind es wert, weiter untersucht zu werden.

Damit konnte das Projekt – neben der Ausarbeitung einer neuen Prüfmethode – den Grundstein für weitere Forschungsarbeiten legen. Das mit dem Projekt Aufgebaute und Finanzierte ist eine gute Basis für zukünftige (Lehr-) Forschung mit Studierenden. Der Autor freut sich auf diese und dankt für die Bereitstellung der Mittel.

6. Literatur

[1] <http://www.thingiverse.com>.

Z. B. things 696093, 35088, 1579403, 1598857, 1478258, 1548551, 656001

[2] Fuchs, Fabian „Verfahren zur Prüfung des Schmelzverhalten von Kunststofffilamenten für den 3D-Druck: Design und Aufbau“, Bachelorarbeit TH Nürnberg Fakultät Werkstofftechnik, Juni 2016.

[3] Dana Lang „Prüfung des Schmelzverhalten von Kunststofffilamenten für den 3D-Druck: Verfahrensoptimierung und –Validierung. Tests an PLA und ABS unterschiedlicher Quellen nach verschiedenen Lagerbedingungen. MFI-Untersuchungen.“, Projektarbeit TH Nürnberg Fakultät Werkstofftechnik, Dezember 2016









Untersuchungen zur Alterung von historischen Spielzeugen aus Cellulosenitrat

Prof. Dr. Jens Pesch
Dipl. Restaurator Simon Kunz
Fakultät Angewandte Chemie
TH Nürnberg
Dr. Elena Gómez Sánchez
Materialkundliches Labor
Deutsches Bergbaumuseum Bochum

Studierende des Bachelorstudiengangs Angewandte Chemie der TH Nürnberg untersuchten die Materialzusammensetzung von Kunststoffen in historischen, auf Cellulosenitrat basierenden Puppen aus dem Sammlungsbestand des Spielzeugmuseums in Nürnberg. Die Studierenden entwickelten einen Forschungsplan, führten die nötigen Materialuntersuchungen an den Puppen durch und verfassten einen Bericht in Form eines wissenschaftlichen Artikels. Sie konnten mit ihren Untersuchungsergebnissen einige bereits publizierte Informationen verifizieren und neue Erkenntnisse gewinnen. Durch die intensive Auseinandersetzung mit realen Proben konnten die Studierenden das in begleitenden Lehrveranstaltungen vermittelte Wissen deutlich vertiefen. Für das Spielzeugmuseum konnten sie wichtige Erkenntnisse über die Materialzusammensetzung und Lagerstabilität einiger ihrer Sammlungsobjekte gewinnen. Den Einfluss von Wärme, Feuchtigkeit und vor allem Licht auf die Materialien konnten sie als besonders kritisch bestätigen. Durch die intensive Auseinandersetzung der Studierenden mit der Literatur konnten sie weiteren Forschungsbedarf für die Untersuchung der genauen Alterungsmechanismen durch photochemische Alterung von Objekten, die auf Cellulose-Derivaten basieren, identifizieren.

Wesentliche Projektziele

1. Projektdaten

Fördersumme	4.300 Euro
Laufzeit	März bis Dezember 2016
Fakultät / Institut / Kompetenzzentrum	Fakultät Angewandte Chemie
Projektleitung	Prof. Dr. Jens Pesch
Kontaktdaten	E-Mail: jens.pesch@th-nuernberg.de

2. Ausgangslage

Gegenstand des Projekts war die Untersuchung eines der ersten halbsynthetischen Polymere, dem Cellulosenitrat (Schönbein und Böttger, 1847), das seit Mitte des 19. Jahrhunderts im industriellen Maßstab hergestellt und bis heute produziert wird. Zu dessen ersten Anwendungen zählen die Schießbaumwolle als Schwarzpulverersatz und das mit Campher plastifizierte Celluloid für die Herstellung von Billardkugeln als Ersatz für Elfenbein. Bereits seit Ende des 19. Jahrhunderts wurde Cellulosenitrat auch für die Herstellung von hochwertigen Gebrauchsgegenständen und Spielzeugen verwendet. Dabei kam es einerseits als plastische Masse für Objekte wie Puppen und andererseits als Lacküberzug von Holzteilen zur Anwendung. Dass wie alle Polymere auch Cellulosenitrat einer Degradation unterliegt, ist seit der ersten Produktion bekannt (Worden, 1911). Besonders wegen seiner militärischen Anwendung wurden die Degradationsmechanismen intensiv untersucht.

Derzeit werden drei primäre Mechanismen unterschieden:

1. Die Spaltung von N-O-Bindungen in den Nitratgruppen durch Thermolyse bei Temperaturen über 100 °C oder durch photochemische Reaktion durch Einwirkung von Licht
2. Die Hydrolyse vorwiegend bei Temperaturen unter 100 °C und Feuchtigkeit
3. Einen bisher noch ungeklärten, bei milden Bedingungen stattfindenden Abbau der Polymerkette, bei dem der Stickstoffanteil im Material erhalten bleibt

Gerade die Alterung unter milden Bedingungen und unter Lichteinfluss zu verstehen, ist im musealen Bereich wichtig (Selwitz, 1988).

Im Spielzeugmuseum in Nürnberg befindet sich eine Sammlung mit über 1800 Spielzeugobjekten, darunter über 600 Puppen, aus Cellulosenitrat. Die zeitliche Einordnung der Puppen erstreckt sich von 1903 bis in die 1980er Jahre. Ursprünglich waren die Puppen vor allem aufgrund ihres hohen Glanzes und ihrer geringen Zerbrechlichkeit im Vergleich zu den bis dahin verbreiteten Porzellanpuppen sehr geschätzt. Heute sind die historischen Puppen hingegen teilweise spröde und zerbrechen bereits bei leichter Berührung. Dieses Phänomen wird in verschiedener Ausprägung bei fast allen historischen, auf Cellulosenitrat basierenden Puppen aus verschiedenen Herstellungsperioden und von verschiedenen Herstellern beobachtet. Warum aber einige Puppen diese typischen Degradationsmerkmale nicht aufzeigen, bleibt noch zu klären.

3. Ziele des Forschungsprojekts

Der Fokus des Lehrforschungsprojektes lag auf der Untersuchung natürlich gealterter Exponate aus Cellulosenitrat und deren Vergleich mit künstlich gealterten Proben. Zur Verfügung standen eine Puppe der Fa. Schildkröt aus dem Bestand des Spielzeugmuseums in Nürnberg vermutlich aus den 1950er oder 1960er Jahren, sowie ein stark degradiertes Teilstück eines Kammes aus Cellulosenitrat aus dem Fundus von Frau Prof. Dr. Waentig (TH Köln, Fakultät für Restaurierung). Zudem stellten die Studierenden die Degradation durch künstliche Bewitterung von reinem, ungealtertem Cellulosenitrat (Fa. Nobel NC, Co. Ltd.) nach und verglichen sie mit dem natürlich gealterten Material (Abbildung 1).



Abbildung 1: Objekte und Ziele des Lehrforschungsprojektes. Fotos: Simon Kunz (l.), Urs Latus (r.)

Die Studierenden sollten die Alterung dabei primär mittels der Infrarotspektroskopie mit abgeschwächter Totalreflexion (ATR-IR) analytisch beobachten. Die ATR-IR-Spektroskopie ist eine sehr gute Methode für die nicht invasive Oberflächenanalyse von Objekten und ist damit für Museen von besonderem Interesse.

4. Herangehensweise und Forschungsergebnisse

Im Rahmen des Wahlpflichtfaches „Alterung und Konservierung von polymeren Materialien“ vermittelten die Lehrenden den Studierenden in einer Vorlesung das Wissen über den Aufbau, die Alterung von natürlichen und künstlichen polymeren Materialien, die zur Untersuchung des Alterungszustandes verwendeten analytischen Methoden und mögliche Konservierungsmethoden zur Verzögerung der Alterung. Das so erworbene theoretische Wissen wendeten die Studierenden während eines Laborpraktikums an ausgesuchten Kunststoffproben an und vertieften so ihr Wissen. Ein besonderes Augenmerk lag darauf, dass die Studierenden die Materialproben eigenständig untersuchten und die Unterschiede zwischen den eigenen Ergebnissen und denen aus der Literatur herausarbeiteten. Dabei begleiteten sie die Dozenten des Wahlpflichtfaches und eine studentische Hilfskraft. Die Hilfskraft stellte zudem die Proben bereit und sicherte den reibungslosen Ablauf des Praktikums. Abschließend stellten die Studierenden die Resultate in einer Kurzpräsentation und als Bericht in Form eines wissenschaftlichen Artikels vor.

Insgesamt acht Studierende untersuchten in Zweiergruppen die folgenden Materialproben. Angesichts des hohen Interesses von Restauratoren an der Alterung von Cellulose-basierenden Kunststoffen und um eine zusätzliche Vergleichbarkeit der Alterungserscheinungen des Cellulosenitrat mit anderen herstellen zu können, befassten sich zwei Gruppen mit Cellulosenitrat-basierenden Objekten und zwei Gruppen mit Objekten auf Cellulosecarboxylat-Basis:

Gruppe 1: Puppe, Fa. Schildkröt, Alter unbekannt, Cellulosenitrat

Gruppe 2: Bruchstück eines Kamms, Hersteller und Alter unbekannt, Cellulosenitrat

Gruppe 3: 16mm-Film, Fa. DuPont, 1966/67; 35mm-Film, Fa. Kodak, 2010, beide Celluloseacetat-Derivate

Gruppe 4: Super8-Film, Fa. Agfa-Gevaert, 1981/82; Doppel8-Farbumkehrfilm, Fa. Ansco, 1960, beide Celluloseacetat-Derivate



Abbildung 2: Projektphasen; Grafik: Simon Kunz und Elena Gómez Sánchez

Die Studierenden entschieden sich für eines der Materialien und stellten Vergleichsproben aus den entsprechenden ungealterten Polymeren für die künstliche Alterung her. Die Studierenden alterten die Vergleichsproben über fünf Wochen auf drei verschiedene Arten künstlich. Anschließend wurden diese Proben wie die historischen Objekte mit der ATR-IR-Spektroskopie untersucht. Um Zusatzstoffe in den historischen Proben zu identifizieren, extrahierten die Studierenden die für eine invasive Analyse zur Verfügung stehenden Bruchstücke historischer Objekte in einem mehrstufigen Lösungsmitteltrennungsgang (Derrick et al., 1999) fraktionierend aus dem Kunststoff. Im Anschluss daran untersuchten sie jede Fraktion wieder mit der ATR-IR-Spektroskopie. Die Ergebnisse sind in Tabelle 1 dargestellt.

Extraktion Nr.	Lösungsmittel	Cellulosenitrat Puppe	Cellulosenitrat Kamm	Anmerkungen
1. LF aus Probe	Hexan	Fettsäureester	-	durch geringe Probenmenge keine genauere Aussage möglich
1. UF aus Probe	Hexan	Cellulosenitrat	Cellulosenitrat	-
2. LF aus 1. UF	Ethylacetat	Cellulosenitrat	Cellulosenitrat	stark degradiertes Cellulosenitrat, reduzierte Löslichkeit
2. UF aus 1. UF	Ethylacetat	Cellulosenitrat	Cellulosenitrat	
3.1 LF aus 2. LF	Dichlormethan	Campher	Campher	Weichmacher
3.1 UF aus 2. LF	Dichlormethan	Cellulosenitrat	Cellulosenitrat	-
3.2 LF aus 2. UF	Dichlormethan	Campher	Campher	Weichmacher
3.2 UF aus 2. UF	Dichlormethan	Cellulosenitrat	Cellulosenitrat	-
4. LF aus 3.2 UF	Aceton	Cellulosenitrat	Cellulosenitrat	stark degradiertes Cellulosenitrat, reduzierte Löslichkeit
4. UF aus 3.2 UF	Aceton	Cellulosenitrat	Cellulosenitrat	

Tabelle 1: Ergebnisse des Lösungsmitteltrennungsgangs (UF = unlösliche Fraktion, LF = lösliche Fraktion)

Die Bestimmung der unterschiedlichen Bestandteile eines Kunststoffes in Verbindung mit einer bekannten Objektgruppe, hier Celluloid-Puppen der Fa. Schildkröt und Filme der Firmen Agfa-Gevaert, Ansco und Kodak, kann helfen, Konservierungsstrategien für andere typengleiche Objekte zu entwickeln, ohne diese ebenfalls durch Probennahme oder direkte invasive Analysen zu beschädigen.

Durch den Lösungsmitteltrennungsgang konnten die Studierenden bestätigen, dass in den Puppen und dem Bruchstück eines Kamms Campher als Weichmacher und nicht näher bestimmbare Fettsäureester als weitere Additive für das Cellulosenitrat eingesetzt worden waren. In den Filmproben konnten die Studierenden Triphenylphosphat als Weichmacher und Flammenschutzmittel nachweisen. Das Bindemittel für die Farbpigmente in den Filmen bestand aus nicht genauer definierbaren Proteinen. Die anorganischen Füllstoffe oder Pigmente standen in diesem Projekt nicht im Fokus.

Parallel zu den natürlich gealterten Proben untersuchten die Studierenden Vergleichsproben aus reinem, ungealtertem Cellulosenitrat vor und nach der künstlichen Alterung. Jeweils drei Proben wurden über fünf Wochen gealtert: a) in einer Belichtungskammer ausgerüstet mit einer 400W-Quecksilber-Niederdrucklampe, b) in einem

Heizschrank bei einer Temperatur von 60 °C und c) bei einer relativen Luftfeuchte von 100 ProzentrF und ebenfalls 60 °C.

Während die thermische Alterung ohne erhöhte Luftfeuchte in dem untersuchten Zeitraum anhand der ATR-IR-Spektren keine starke Änderung des Materials zeigte, konnten die Studierenden wie erwartet (Quye et al., 2011a) gravierende Veränderungen des Polymers bei 100 ProzentrF und 60 °C bei der photochemischen Alterung feststellen. Nach der ‚hydrolytischen‘ Alterung deutete bereits ein Geruch nach nitrosen Gasen aus der entstandenen Salpetersäure in den Proben auf eine Hydrolyse der Nitratgruppen hin (Abbildung 3).

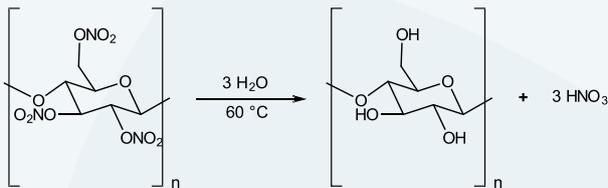


Abbildung 3: Hydrolyse von Cellulosenitrat zu Cellulose und Salpetersäure. Grafik: Simon Kunz und Elena Gómez Sánchez

Dies konnten die Studierenden durch die ATR-IR-Spektroskopie in den Spektren der verbliebenen polymeren Materialien bestätigen. Die für Cellulosenitrat charakteristischen Banden der Nitratgruppen wurden geringer und die für Cellulose charakteristischen Banden der freien Alkoholgruppen intensiver. (Quye et al., 2011b) (Abbildung 4).

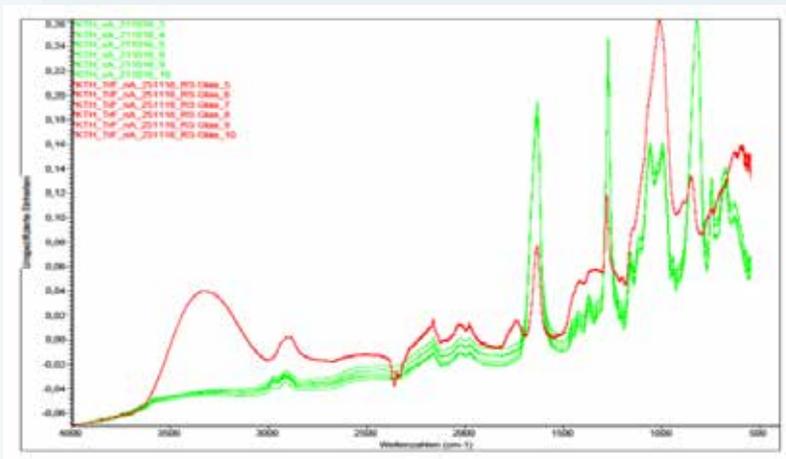


Abbildung 4: ATR-IR-Spektren vor (grün) und nach (rot) fünf Wochen Alterung bei 60 °C und 100 ProzentrF; Abnahme der Signale für die Nitratgruppen (blaue Pfeile) und die damit einhergehende Zunahme der Alkoholgruppen (schwarze Pfeile) ist deutlich zu erkennen. Grafik: Simon Kunz und Elena Gómez Sánchez

Nach der photochemischen Alterung war neben der Spaltung der Nitratgruppen das Entstehen von Carbonylgruppen anhand der typischen Signale um ca. 1720 cm⁻¹ zu beobachten (Abbildung 5).

Das Auftreten neuer Carbonylgruppen wurde bisher von unterschiedlichen Autoren mit einem photochemisch induzierten N-O Bindungsbruch und einer darauf folgenden Bildung von Ketogruppen interpretiert. Die dabei ebenfalls entstehenden Stickstoffdioxid-Radikale könnten anschließend in einem sekundären Degradationsschritt zum Kettenbruch durch Spaltung der Glukoseringe beitragen (Selwitz, 1988). Der genaue Mechanismus konnte aber bisher noch nicht aufgeklärt werden (Berthumeyrie et al., 2014; Edge et al., 1990).

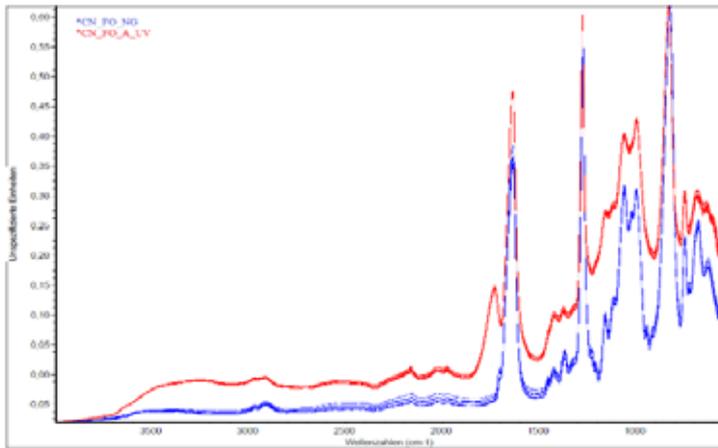


Abbildung 5: ATR-Infrarotspektren vor (blau) und nach (rot) photochemischer Alterung (s. Bedingungen im Text), die Zunahme des Signals für Carbonylgruppen ist deutlich erkennbar (schwarzer Pfeil). Grafik: Simon Kunz und Elena Gómez Sánchez

Die Mechanismen einer natürlichen Alterung unter milden klimatischen Bedingungen und Ausschluss von UV-Strahlung sind allgemein langsamer und können zudem einen anderen chemischen Verlauf nehmen als bei der künstlichen Alterung.

Die in Cellulosenitrat-basierenden Kunststoffen in aller Regel enthaltenen Additive können zudem je nach Konzentration durch ihre charakteristischen Banden im ATR-FTIR-Spektrum die durch die Alterung des Polymers typischen neu entstehenden Banden überlagern oder sogar verdecken. Der Lösungsmittelreinigungsgang erlaubt es, durch sukzessives Herauslösen der Additive die nur an dem Polymer erfolgten Veränderungen durch die Alterung untersuchen zu können. An dem Teilstück des Kamms aus dem Waentig-Fundus deutete eine intensive und breite für Hydroxygruppen typische Bande auf einen starken Fortschritt der Hydrolyse hin (Abbildung 6). Es ist bekannt, dass sich Cellulosenitrat mit zunehmendem Anteil an freien Hydroxygruppen immer schlechter in den ansonsten für Cellulosenitrat hervorragenden Lösungsmitteln Ethylacetat und Aceton löst. Das ATR-IR-Spektrum des in Aceton unlöslichen Rückstandes des Kambruchstücks (Fraktion 4.UF) bestätigte diese Beobachtung.

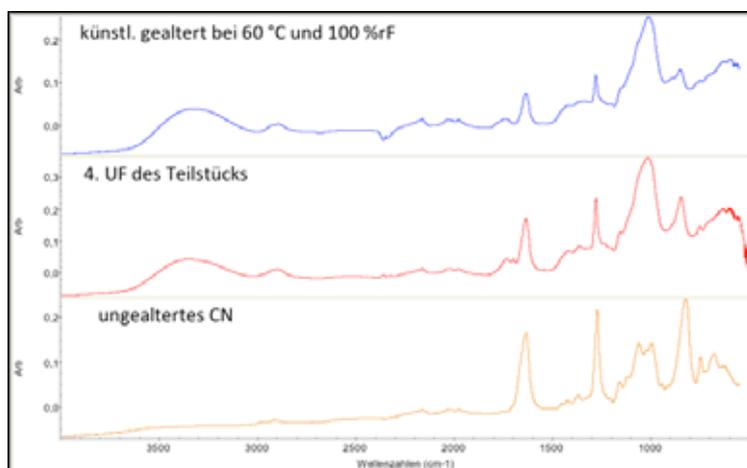


Abbildung 6: Bei 60°C und 100 Prozent relativer Feuchtigkeit künstlich gealtertes (blau), natürlich gealtertes (rot) und reines ungealtertes (gelb) Cellulosenitrat. Grafik: Simon Kunz und Elena Gómez Sánchez

In historischen Celluloid-Materialien wurde häufig Campher als Weichmacher eingesetzt. Da Campher ein Keton ist, zeigte sich dies in den ATR-IR-Spektren an dem starken Band für die im Campher enthaltene Carbonylbande ebenfalls im Bereich um 1720 cm⁻¹. Diese kann mit der durch photochemische Alterung neugebildeten Carbonylbande (siehe Abbildung 5) überlagern und diese verdecken. Die einwandfreie Unterscheidung dieser beiden Carbonylgruppen und der mögliche Einfluss des Camphers auf die photochemische Alterung des Cellulosenitrat ist Gegenstand einer aus diesem Projekt resultierenden Masterarbeit.

5. Nachhaltigkeit / Verwertung / wissenschaftliche Arbeiten

Die Studierenden erlangten durch die geforderte eigenständige Laborarbeit, die Auseinandersetzung mit der Primär- und Sekundärliteratur und dem Umgang mit realen und relevanten Forschungsobjekten ein tieferes Verständnis der in den Vorlesungen vermittelten Kenntnisse, als es bei üblichen Praktika der Fall ist. Weiter schätzten die Studierenden im Besonderen die wissenschaftliche Vorgehensweise und die Bewertung in Form eines Artikels als intensive Vorbereitung auf die anstehende Abschlussarbeit. Die im Rahmen des Lehrforschungsprojekts entstandenen Berichte gehen nach der Korrektur an das Spielzeugmuseum und dort in den Bibliotheksbestand über.

Anhand der Ergebnisse aus diesem Projekt kann für eine verbesserte Lagerung und Ausstellung der Puppen aus Cellulosenitrat zurzeit noch keine neue konkrete Empfehlung gegeben werden; dennoch bestätigen die Ergebnisse, wie aus der Literatur bekannt, dass die Einhaltung einer trockenen Atmosphäre zur besseren Erhaltung der Objekte beitragen kann. Hinsichtlich der photochemischen Alterung besteht noch weiterer Forschungsbedarf, im Besonderen, was den Mechanismus dieses Prozesses betrifft (Berthumeyrie et al., 2014; Edge et al., 1990). Im Rahmen einer Masterarbeit an der TH Nürnberg in Kooperation mit dem Materialkundlichen Labor des Deutschen Bergbau-Museums Bochum (Dr. Elena Gómez Sánchez) wurde diesem Thema bereits (Stand 2019) nachgegangen. Das Projekt befasste sich dabei schwerpunktmäßig mit der Untersuchung des Mechanismus der photochemischen Alterung von Cellulosenitrat als Lack auf Holzoberflächen.

Dieses Projekt und die daraus folgenden Projekte unterstreichen die sich festigende naturwissenschaftliche und konservierungswissenschaftliche Unterstützung von Museen u.a. in der Metropolregion Nürnberg zur Erhaltung von Objekten von kulturellem Interesse und einen sich stetig entwickelnden konservierungswissenschaftlichen Kompetenz-Cluster an der TH Nürnberg.

Danksagung

Der Dank der Autoren gilt Prof. Dr. Friederike Waentig (TH Köln), Carsta Knaack und Dr. Urs Latus (Kurator & Restaurator, Spielzeugmuseum Nürnberg), sowie Dr. Elena Gómez Sánchez (Chemikerin, Materialkundliches Labor, Deutsches Bergbau-Museum Bochum), Dr. Johann Erath (Süddeutsches Kunststoff-Zentrum, SKZ, Würzburg) und Dipl.-Ing. Gerhard Schwarz (TH Nürnberg). Besonderer Dank gilt den Studierenden des Wahlpflichtfaches 'Alterung und Konservierung polymerer Materialien' Danielle Bimer, Theresa Hartel, Boris Keumbouck, Laura Kuhlmann, Josefa Nüßlein, Kerstin Schmidt, Ann-Kathrin Secknus und Steffen Trippmacher, ohne die das Lehrforschungsprojekt nicht hätte durchgeführt werden können.

6. Literatur

Berthumeyrie, S., Collin, S., Bussiere, P.-O., and Therias, S. (2014). Photooxidation of cellulose nitrate: New insights into degradation mechanisms. *J. Hazard. Mater.* 272, 137–147.

Derrick, M.R., Stulik, D., and Landry, J.M. (1999). *Infrared spectroscopy in conservation science* (Los Angeles: Getty Conservation Institute).
Edge, M., Allen, N.S., Hayes, M., Riley, P.N.K., Horie, C.V., and Luc-Gardette, J. (1990). Mechanisms of deterioration in cellulose nitrate base archival cinematograph film. *Eur. Polym. J.* 26, 623–630.

Quye, A., Littlejohn, D., Pethrick, R.A., and Stewart, R.A. (2011a). Investigation of inherent degradation in cellulose nitrate museum artefacts. *Polym. Degrad. Stab.* 96, 1369–1376.

Quye, A., Littlejohn, D., Pethrick, R.A., and Stewart, R.A. (2011b). Accelerated ageing to study the degradation of cellulose nitrate museum artefacts. *Polym. Degrad. Stab.* 96, 1934–1939.

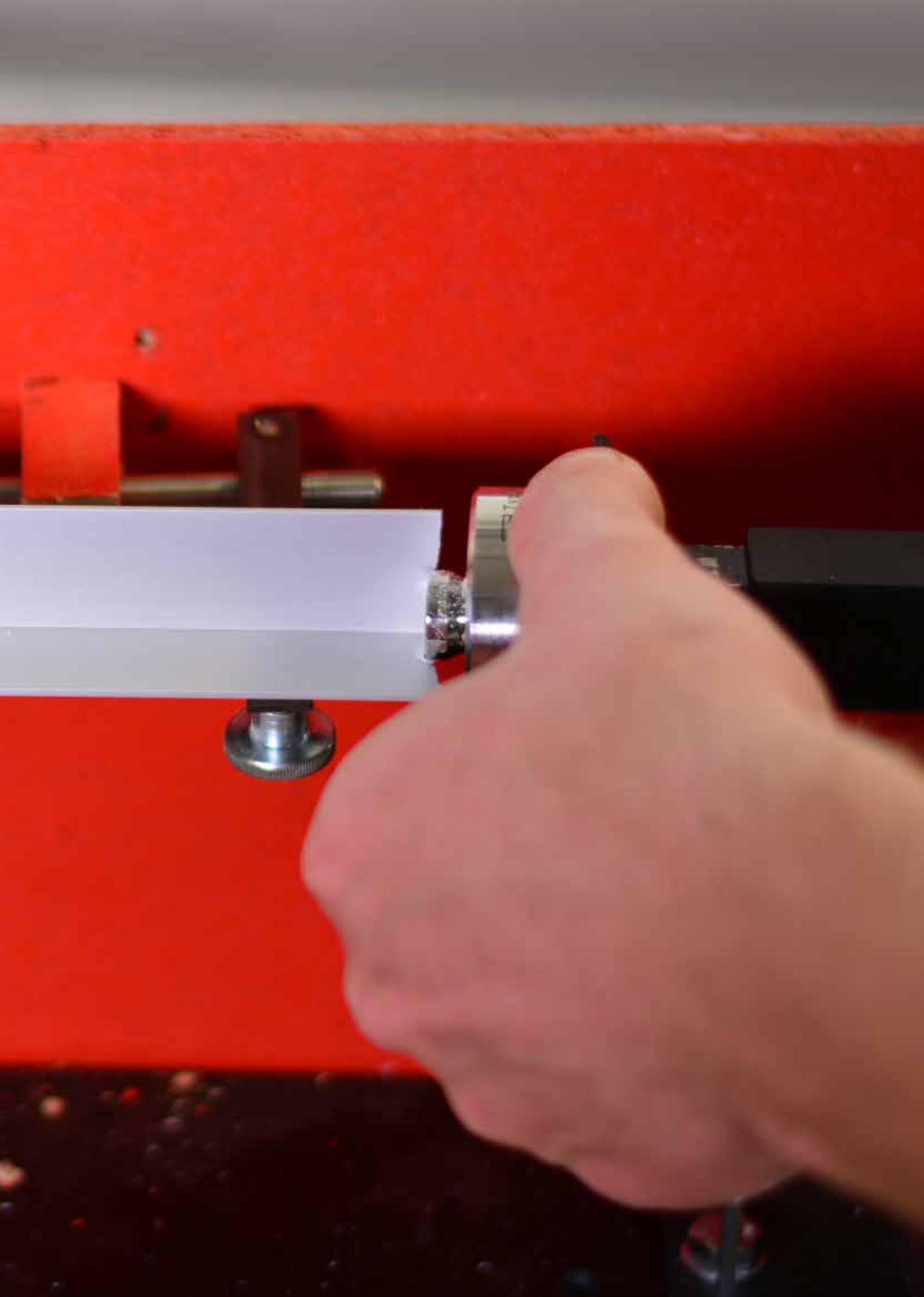
Schönbein, C.F., and Böttger, R.C. (1847). Ueber Schiesswolle, deren chemischen Zusammensetzung und Eigenschaften, verglichen mit denen des Braconnot'schen Xyloidins. *Ann. Phys. Chem.* 146, 320–326.

Selwitz, C. (1988). *Cellulose nitrate in conservation* (Marina del Rey, Calif., USA: Getty Conservation Institute).

Worden, E.C. (1911). *Nitrocellulose Industry* (London: Constable and Co.).









Versuche zur Stabilität von Stützen und Trägern aus verschiedenen Materialien

Prof. Dr.-Ing. Hugo Rieger
Fabian Strobl, M. Eng.
Fakultät Bauingenieurwesen
TH Nürnberg

Wesentliche Projektziele

Die Untersuchungen zum Stabilitätsversagen von Stützen und Trägern sollen dazu dienen, anschauliche Ergebnisse zum Tragverhalten von unterschiedlichen Profilen aus Aluminium, Stahl und Kunststoff bis zum Verlust der Tragfähigkeit zu liefern. Hierzu wurden handelsübliche Profile und spezielle Kunststoffprofile – hergestellt im 3D-Druckverfahren – bis zum Versagen belastet und die maximal auftretenden Kräfte (Traglasten) messtechnisch erfasst.

Die Versuchsdurchführungen wurden gefilmt, um anschließend Videos in den Vorlesungsbetrieb implementieren zu können, die den Verformungsverlauf infolge der Belastung bis hin zum Versagensfall anschaulich darstellen.

1. Projektdaten

Fördersumme	5.956 Euro
Laufzeit	April bis September 2016
Fakultät / Institut / Kompetenzzentrum	Fakultät Bauingenieurwesen
Projektleitung	Prof. Dr.-Ing. Hugo Rieger
Kontaktdaten	E-Mail: hugo.rieger@th-nuernberg.de

2. Ausgangslage

Die studentische Forschungsgruppe der Fakultät Bauingenieurwesen hat sich bereits im Wintersemester 2015/2016 mit ersten Versuchen zur Stabilität von Stützen und Trägern auseinandergesetzt. Das Ziel ist es, die aus diesen Versuchen gewonnenen Erkenntnisse anhand von Versuchen zu unterschiedlichen Profilgeometrien und unterschiedlichen Materialien zu erweitern.

3. Ziele des Forschungsprojekts

Das Ziel des Forschungsprojekts ist es, das überwiegend theoretisch vermittelte Wissen über die Stabilität von Stützen und Trägern mit kleinen, in sich geschlossenen Versuchsdurchführungen sowie mit Videomaterial und Messdaten zu unterfüttern. Diese Versuche sollen in Zukunft in den Vorlesungen des Bachelorstudiengangs Bauingenieurwesen anhand des erzeugten Videomaterials, der Prüfberichte und der Probekörper implementiert werden.

Die Videoaufzeichnungen werden hierzu am Computer verlangsamt und mehrere Videos unterschiedlicher Profile in einem Video im Split Screen zusammengeschnitten. Das ermöglicht, einzelne Versagensfälle direkt miteinander zu vergleichen und zu beurteilen, welche Kombination aus Profilquerschnitt und Material für einen bestimmten Zweck am geeignetsten ist. Weiterhin sollen die Versuchsdurchführungen messtechnisch erfasst werden sowie die Ergebnisse aufbereitet und als Laborbericht zur Verfügung gestellt werden.

Der angefertigte mobile Versuchsrahmen dient dazu, den Studierenden das Stabilitätsversagen von verschiedenen Profilen aus unterschiedlichen Materialien anhand von in der Vorlesung implementierten Versuchsreihen zu veranschaulichen.

4. Herangehensweise und Forschungsergebnisse

4.1 Anfertigung des Versuchsrahmens

Um die Versuche durchführen zu können, konstruierten die Studierenden eine mobile Einspannvorrichtung (vgl. Abbildung 1) und stellten diese her. Hierzu wählten sie einen UPN 120 Träger aus S 235 JR Stahl als festen Unterbau. Das vordere Auflager – bestehend aus einem Rechteckprofil – schweißte die studentische Forschungsgruppe direkt auf den U-Träger, er ist damit als Festlager anzusehen. Da die Länge der Prüfkörper variabel sein soll, konstruierten die Studierenden ein verstellbares Endauflager. Dies realisierten sie mit Hilfe einer Anschlussplatte und mehreren Rasterlöchern im Endauflager sowie im Unterbau. Das ermöglichte es, die Prüfvorrichtung auf die jeweilige Länge des Probekörpers anzupassen.

Zur Lasteinleitung dient eine metrische Spindel, die mit Hilfe einer eingeschweissten Mutter am Endauflager gelagert ist und die Aufbringung von Normalspannungen auf den Probekörper, in Form von Druckkräften ermöglicht. Um Torsionsspannungen im Prüfkörper zu vermeiden, kam eine Führung aus zwei ineinandergreifenden Vierkantrohren zum Einsatz, die ein Verdrehen durch die Spindel verhindert.

Zuletzt statteten die Studierenden die Vorrichtung mit einer roten Rückwand aus, um einen guten Kontrast für die Videoaufzeichnungen zu gewährleisten.



Abbildung 1: Mobile Prüfvorrichtung. Fotos: Fabian Strobl

4.2 Auswahl und Herstellung der Prüfkörper

Als Prüfkörper wählte die studentische Forschungsgruppe unterschiedliche Profilgeometrien (Abbildung 2) aus unterschiedlichen Materialien (Stahl, Aluminium und Kunststoff). Zusätzlich erzeugte das Team weitere Profilgeometrien mit Hilfe des 3D-Druckverfahrens.

Um eine Abschätzung des Verhaltens von Profilen aus dem 3D-Drucker zu erhalten, haben die Studierenden die Profile aus Abbildung 2 mit Hilfe des 3D-Druckverfahrens „nachgedruckt“. Hierzu erstellten sie zunächst – unter

Verwendung des CAD Programms AutoCAD – zweidimensionale Geometrien, die sie im Anschluss in Längsrichtung extrudierten, um 3D-Objekte zu erzeugen. Anschließend exportierten die Studierenden die Dateien als druckfähige STL-Dateien, um sie in die dreidimensionale Softwaresprache des Druckers zu überführen, anzupassen und schließlich drucken zu können.

Die Länge der Prüfkörper legten sie zu 250 mm fest und kürzten die gekauften Stahl-, Aluminium- und Kunststoffprofile auf diese Länge.



Abbildung 2: Profilquerschnitte. Grafik: Fabian Strobl

4.3 Versuchsaufbau und Versuchsdurchführung

Zu Beginn der Versuchsreihen platzierte die studentische Forschungsgruppe die Kamera zur Videoaufzeichnung und die Fotolichter zur Ausleuchtung. Damit die Studierenden zu einem späteren Zeitpunkt die Videoaufzeichnungen ohne Qualitätsverlust verlangsamen können, ist bei der Aufnahme der Videos auf eine möglichst kurze Verschlusszeit der Kamera zu achten. Die kurze Verschlusszeit erfordert jedoch eine überdurchschnittlich helle Ausleuchtung des zu filmenden Bereichs, die das Team durch zwei leistungsstarke Fotolichter realisierten.



Abbildung 3: Einbau der Prüfkörper und Belastung bis zum Stabilitätsversagen. Foto: Fabian Strobl

Die Studierenden spannten die Profile anschließend in die Prüfvorrichtung ein und belasteten sie bis zum Stabilitätsversagen (vgl. Abbildung 3). Dabei haben die Studierenden die aufgebrachte Kraft – in Form einer Normalspannung – mit Hilfe einer an der Spindel befestigten Kraftmessdose gemessen und die maximal auftretende Kraft (Traglast) bestimmt.

Da die Normalkraft, die mit der mobilen Presse aufgebracht werden kann, beschränkt ist, prüften die Studierenden Aluminiumprofile mit größeren Querschnitten sowie Stahlprofile in der hydraulischen Presse des konstruktiven Labors der Fakultät Bauingenieurwesen (siehe Abbildung 4). Diese Presse hat den Vorteil eines kontinuierlichen hydraulischen Vorschubs, der nicht kraftabhängig sondern wegabhängig die Belastung aufbringt.



Abbildung 4: Aluminium-Probekörper eingespannt in der hydraulischen Presse. Fotos: Fabian Strobl

4.4 Auswertung der Versuche

Zunächst analysierte die studentische Forschungsgruppe die Versuche zu den einzelnen Profilquerschnitten aus unterschiedlichen Materialien im Hinblick auf ihr Bruchverhalten und ihr Bruchbild. Während das Bruchbild bei Profilen aus Stahl und Aluminium deutliche Knick- und Bruchstellen aufweist, bleibt bei den Prüfkörpern aus Kunststoff nach Entlastung lediglich eine kleine irreversible plastische Verformung zurück.

In einem weiteren Schritt dokumentierten die Studierenden die messtechnisch ermittelten Knicklasten der unterschiedlichen Profile aus Stahl, Aluminium und Kunststoff in Prüfprotokollen, bewerteten und verglichen diese. Um Abschätzungen vornehmen zu können, welche Kombination aus Profilquerschnitt und Material für einen bestimmten Zweck am geeignetsten ist.

In Abbildung 5 und 6 sind die grafischen Auswertungen für zwei Versuche exemplarisch dargestellt.

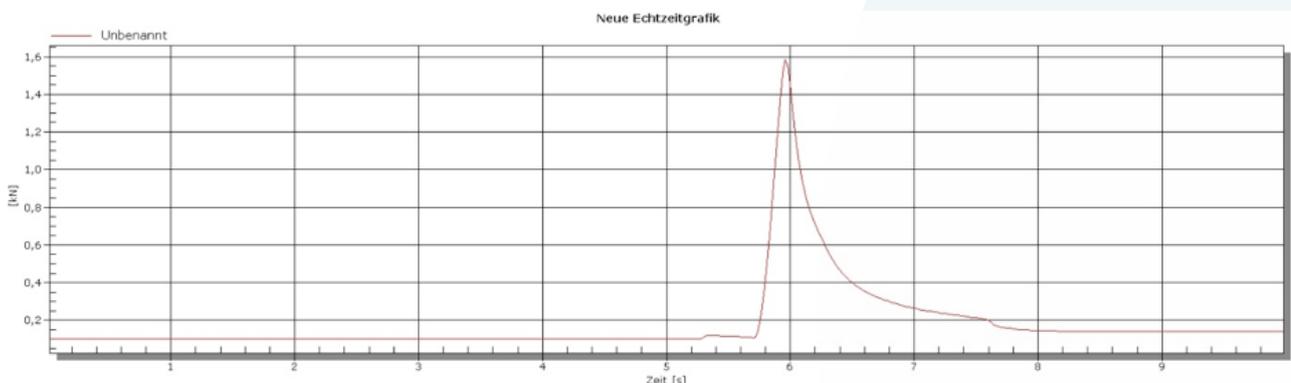


Abbildung 5: Messtechnische Auswertung eines Aluminiumprofils. Grafik: Fabian Strobl

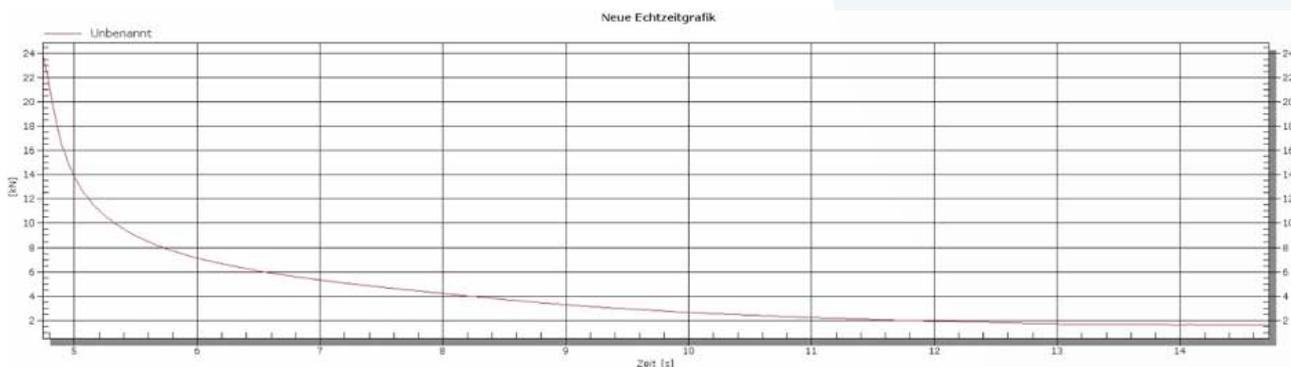


Abbildung 6: Messtechnische Auswertung eines Randstahlprofils. Grafik: Fabian Strobl

5. Zusammenfassung und Ausblick

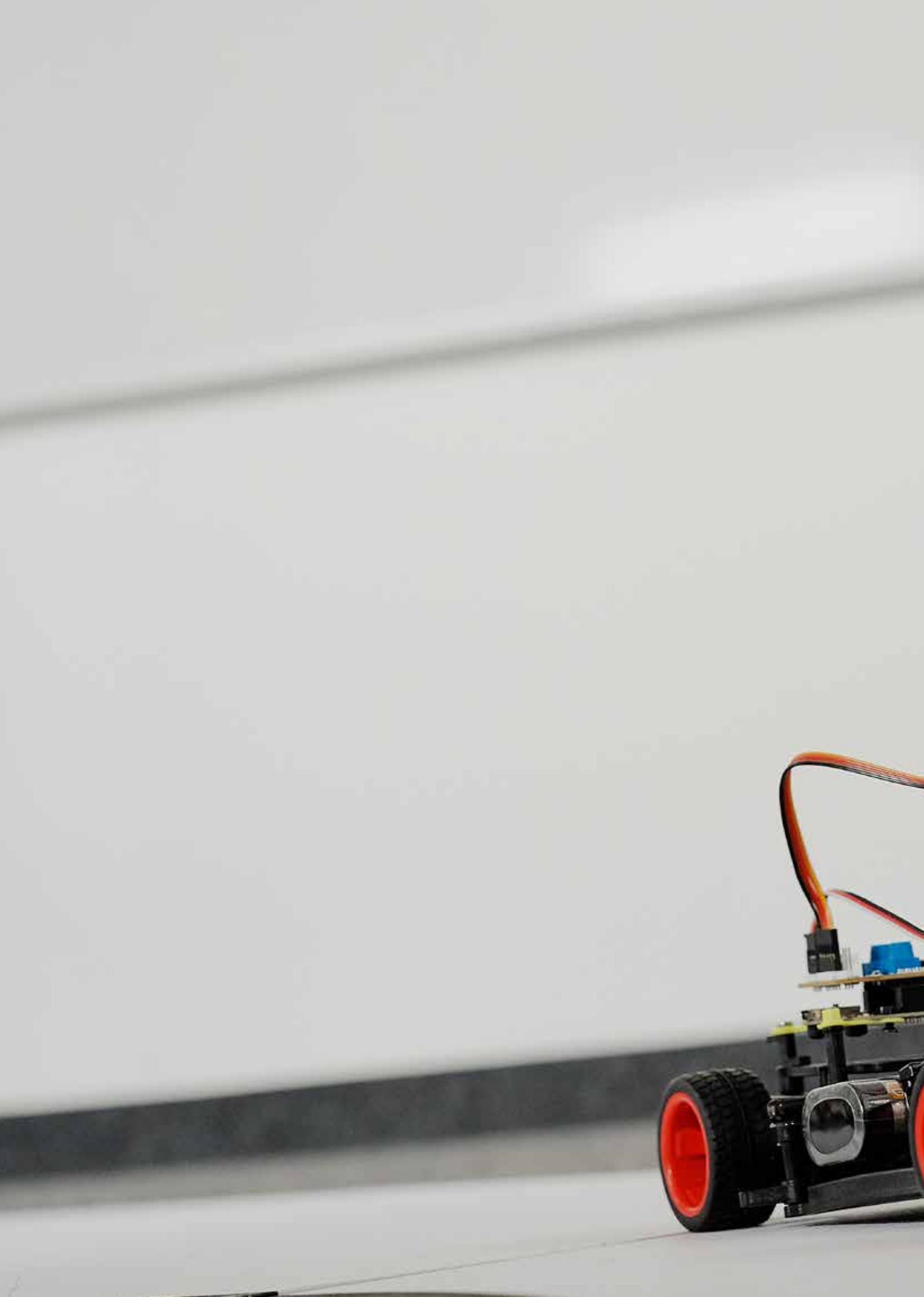
Anhand der Versuchsergebnisse lässt sich ein deutlicher Rückschluss auf das Verformungsverhalten unterschiedlicher Profilquerschnitte aus unterschiedlichen Materialien ziehen. Weiterhin ist der Verlust der Stabilität durch das sogenannte Knicken auf den verlangsamten Videoaufnahmen deutlich zu erkennen. Durch die Auswertung der messtechnischen Erfassungen lassen sich die Profilquerschnitte im Hinblick auf deren Knicklast bewerten.

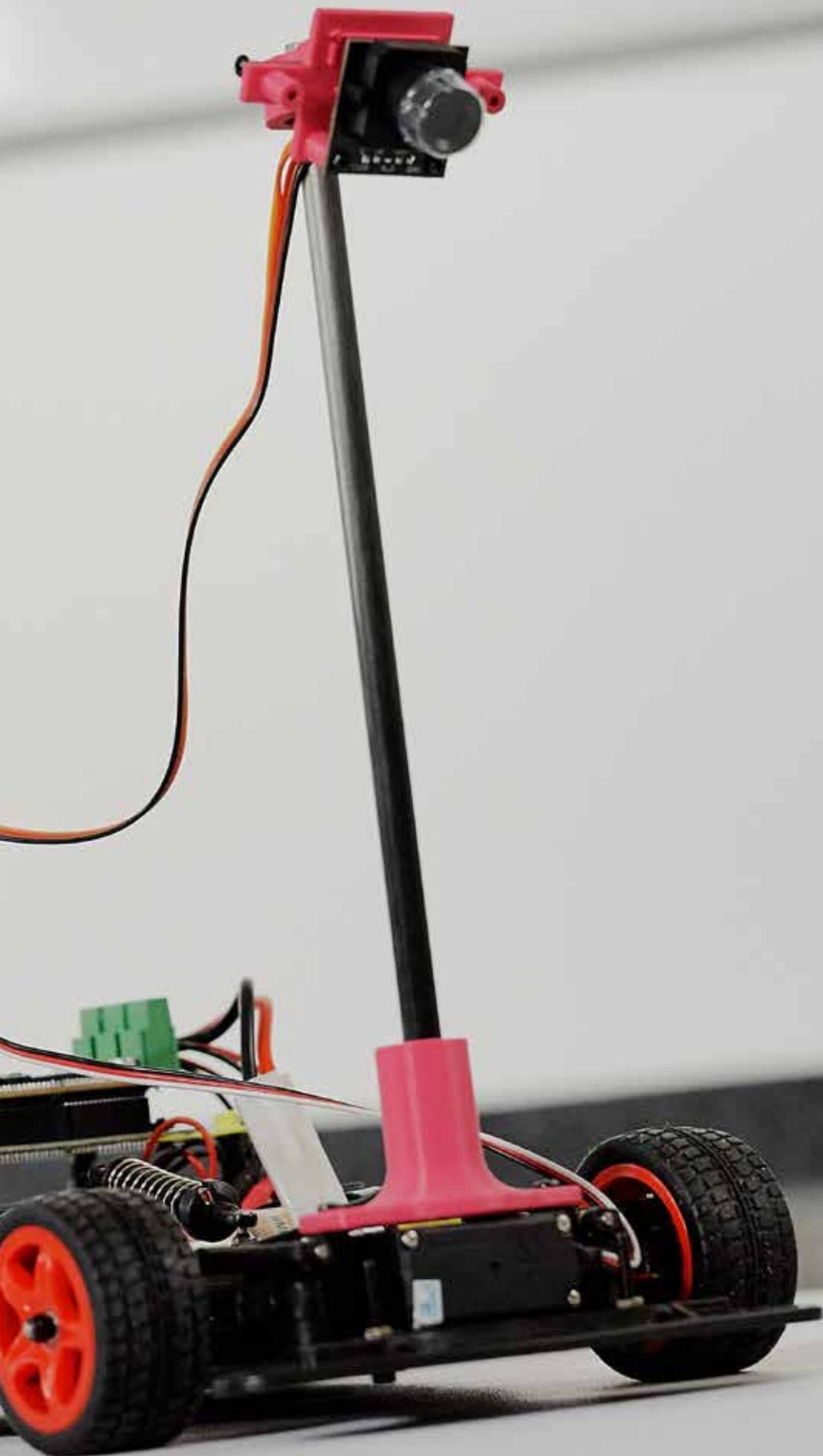
Im Rahmen des Forschungsprojekts schafften die Studierenden eine erfolgreiche Basis für weitere Versuche zur Stabilität von Stützen und Trägern. Auf dieser Basis können weitere Überlegungen, z. B. zum Einfluss von Materialfehlern, Temperatur oder Vorverformungen angestellt werden. Ein weiterer Anwendungsbereich für den mobilen Prüfraum ist die sogenannte Spannungsoptik, bei der durch die Verwendung von polarisiertem Licht die Spannungsverteilung in lichtdurchlässigen Körpern veranschaulicht werden kann.

Die Prüfkörper, Prüfprotokolle und Videoaufzeichnungen können in den Vorlesungsbetrieb mit eingebunden werden, um den Studierenden eine anschauliche Darstellung des ansonsten theoretisch vermittelten Themenbereichs des Bauingenieurwesens zu bieten. Durch interessierte Studierende können im Rahmen der studentischen Forschungsgruppe zukünftig weitere Versuche durchgeführt werden und somit eine Fortsetzung des Forschungsprojekts sichergestellt werden.

6. Verwendung der zur Verfügung gestellten Mittel

Für die Bearbeitung des Projekts wurden drei Studierende, die bereits einschlägige Erfahrungen im Bereich der fachgerechten Durchführung von Prüfungen gesammelt haben, als studentische Hilfskräfte über die komplette Projektdauer von insgesamt 20 Wochen zu je vier Stunden pro Woche angestellt. Des Weiteren wurden zwei leistungsstarke Videoleuchten angeschafft. Diese stellen sicher, dass bei der Videoaufzeichnung der einzelnen Versuche, die mit kurzer Verschlusszeit und kleiner Blende der Kamera aufgenommen werden, genügend Licht vorhanden ist und die Videos somit von guter Qualität sind. Weiterhin wurden von den vorhandenen Mitteln handelsübliche Profile aus Stahl, Aluminium und Kunststoff angeschafft. Die Vielfalt an Probekörpern wurde anhand von weiteren Probekörpern – hergestellt mit Hilfe des 3-D Druckverfahren – erweitert. Hierzu wurden mehrere Spulen des sogenannten Filaments (Druckmaterial) angeschafft.







Konzeption eines Kurses für die Teilnahme am Freescale Cup

Prof. Dr. Ramin Tavakoli Kolagari
Tobias Wägemann
Markus Zoppelt
Fakultät Informatik
TH Nürnberg

In dem Lehrforschungsprojekt „Konzeption eines Kurses für die Teilnahme am Freescale Cup“ wurde eine Referenzentwicklung eines Modellfahrzeugs zur Teilnahme am NXP Cup (vormals Freescale Cup) erstellt und Lehrmaterial für einen entsprechenden Bachelor-Kurs didaktisch aufbereitet. Der Kurs soll es Studierenden ermöglichen, konkret Softwarelösungen für spezifische Problemstellungen des autonomen Fahrens zu entwerfen. Neben dem Kernproblem der zuverlässigen Wegfindung müssen zudem besondere Streckenschikanen, wie beispielsweise Hügelpisten oder Tunnel, gemeistert werden. Parallel dazu ist es erforderlich, auch die Rennperformance des Modellautos zu beachten, da die resultierenden Rundenzeiten bei erfolgreicher Absolvierung der Strecke das entscheidende Kriterium sind. Die zur Verfügung stehende Hardwarebasis der Modellautos ist dabei für alle teilnehmenden Teams identisch. Dies hat zur Folge, dass – trotz technischem Bezug – die Qualität der implementierten Softwarelösungen die wichtigste Einflussgröße für die resultierende Rennperformance der Fahrzeuge ist.

Wesentliche Projektziele

1. Projektdaten

Fördersumme	5.000 Euro
Laufzeit	Januar bis Dezember 2016
Fakultät / Institut / Kompetenzzentrum	Fakultät Informatik
Projektleitung	Prof. Dr. Ramin Tavakoli Kolagari
Kontaktdaten	E-Mail: ramin.tavakolikolagari@th-nuernberg.de

2. Ausgangslage

Ziel des Lehrforschungsprojekts der Fakultät Informatik war der Entwurf eines Kurses (Bachelor), der Studierenden die Fähigkeiten und Fertigkeiten vermitteln sollte, um erfolgreich am NXP Cup (vormals Freescale Cup) teilnehmen zu können. Der NXP Cup ist ein von der Firma NXP Semiconductors ausgerichteter, internationaler Studierenden-Wettbewerb, bei dem eine Vielzahl teilnehmender Teams mittels autonom fahrender Modellfahrzeuge auf hindernisgespickten Rennstrecken um Bestzeiten konkurrieren.

Die teilnehmenden Renn-Teams bestehen aus Gruppen von Bachelor- und Master-Studierenden verschiedener Universitäten und Hochschulen aus aller Welt. Im vergangenen Jahr etwa umfasste das Teilnehmerfeld circa 500 Studierende, organisiert in 150 Teams von 50 Universitäten und Hochschulen aus 16 verschiedenen Ländern. Die teilnehmenden Teams müssen sich zunächst in regionalen Qualifikationsausscheiden beweisen, und können sich durch ein Abschneiden in den oberen Rängen für die Teilnahme an den internationalen Wettbewerben qualifizieren.

Der NXP Cup wird federführend von NXP Semiconductors ausgerichtet und von den namhaften Partnern ARM, Elektrobit, ams AG und MathWorks unterstützt. Durch die globale Ausrichtung und die schiere Größe des Wettbewerbes kann gegebenenfalls zudem eine positive Außenwirkung für die Hochschule erreicht werden. Die Erfahrung der letzten Jahre lässt außerdem vermuten, dass in der lokalen Medienlandschaft ein Interesse an derartigen Themen besteht, wodurch eine positive Außenwirkung weiter verstärkt werden könnte.

In den vergangenen Jahren wurde unter der Leitung von Profs. Dres. Ramin Tavakoli Kolagari und Friedhelm Stappert an der Fakultät Informatik die AG Automotive auf- und ausgebaut, die sich im Rahmen von Lehrveranstaltungen, Seminaren sowie Projekt- und Abschlussarbeiten mit dem Themenkomplex automobile Softwareentwicklung befasst. Mit der Berufung von Prof. Dr. Ramin Tavakoli Kolagari zum Januar 2017 auf die Professur „Softwareentwicklung für sichere und zuverlässige autonome Fahrzeugsysteme“ mit enger Anbindung an das Zentrum Digitalisierung.Bayern wurde dieser Schwerpunkt nochmals gestärkt. Die zur erfolgreichen Teilnahme am NXP Cup benötigten Kompetenzen konnten sich die Studierenden bisher nur in Lehrveranstaltungen der Masterstudiengänge erwerben, die nicht speziell auf die Bedarfe des NXP Cup ausgerichtet waren (so beispielsweise die Kurse Automotive Software Engineering und Automotive Systems Modeling (beide Prof. Dr. Tavakoli) sowie Echtzeitsysteme im Automobil (beide Prof. Dr. Stappert)). An der Fakultät Informatik wurde eigens für die betreffende Thematik ein Automotive Labor geschaffen, wobei die dort zur Verfügung stehende Hardware und Software auch für das Lehrforschungsprojekt genutzt werden konnte. Die Laborausstattung orientiert sich an modernen Standards der Automobilindustrie, so stehen neben realitätsgetreuen Steuergeräten und weiterer automobiler Hardware beispielsweise auch gängige Software-Werkzeuge zur Umsetzung moderner automobiler Softwarearchitekturen bereit.

Unter der Leitung von Prof. Dr. Ramin Tavakoli Kolagari nahmen Teams in den Jahren 2014 (Teilnahme von einem Team am Freescale Cup) und 2015 (Teilnahme von einem Team am Freescale Cup und einem Team an der Innovation Challenge) bereits an diesem internationalen Wettbewerb teil. Trotz der sehr erfolgreichen Qualifikation des Teams im Jahr 2014 für das Europa-Finale zeigen die Erfahrungen, dass die Studierenden im Rahmen eines IT-Projekts nicht die nötigen Entfaltungsmöglichkeiten haben, die für eine erfolgreiche Teilnahme auch in den Finalrunden erforderlich ist. Daher wurde eine konkrete Lehrveranstaltung notwendig, die Studierenden im Rahmen eines FWPF-Kurses die Möglichkeit gibt, sich zunächst die theoretischen Grundlagen zu erarbeiten und dann in zueinander im Wettbewerb stehenden Teams, die sich gegenseitig motivieren und unterstützen, an der Entwicklung und Optimierung des eigenen Modellrennwagens zu arbeiten.

3. Ziele des Forschungsprojekts

Das Ziel dieses Forschungsprojekts war die Konzeption eines Kurses, der Studierenden die Fähigkeiten und Fertigkeiten vermitteln sollte, um erfolgreich am NXP Cup (vormals Freescale Cup) teilnehmen zu können. Dazu gehört die Referenzentwicklung und die didaktische Aufbereitung von Lehrmaterialien. Dabei konnte auf den vorhandenen Vorarbeiten aufgesetzt werden. Dadurch wurden

- Die zu vermittelnden Inhalte an den konkreten Bedarfen ausgelegt und nicht zu breit angesetzt und
- Die künftigen Teams erhalten einen einfachen Einstieg in die Entwicklung bzw. Weiterentwicklung und Optimierung ihres Modellrennwagens

Die künftigen Studierenden entwerfen im Rahmen dieses Kurses konkret Softwarelösungen für spezifische Problemstellungen des autonomen Fahrens. Neben dem Kernproblem der zuverlässigen Wegfindung müssen zudem besondere Streckenschikanen, wie bspw. Hügelstrecken oder Tunnel, gemeistert werden. Parallel dazu muss immer auch die Rennperformance des Modellautos beachtet werden, da die resultierenden Rundenzeiten bei erfolgreicher Absolvierung der Strecke das entscheidende Kriterium sind. Die zur Verfügung stehende Hardwarebasis der Modellautos ist dabei für alle teilnehmenden Teams identisch. Dies hat zur Folge, dass – trotz technischem Bezug – die Qualität der implementierten Softwarelösungen die wichtigste Einflussgröße für die resultierende Rennperformance der Fahrzeuge ist.

4. Herangehensweise und Forschungsergebnisse

Die Fakultät Informatik nimmt bereits seit 2014 alljährlich am NXP Cup teil. Prof. Dr. Ramin Tavakoli Kolagari betreut in diesem Kontext regelmäßig Studierende im Rahmen von IT-Projekten mit der Entwicklung autonom fahrender Modellfahrzeuge und war mit den Teams wiederholt mit regem Erfolg bei den Wettbewerben (Freescale / NXP Cup) vertreten.

Um die Entwicklung dieser Modellfahrzeuge weiter voranzutreiben und eine breitere Masse von Studierenden mit dem Thema zu erreichen, ist das Ziel, eine komplette Lehrveranstaltung für Bachelor-Studierende unter dem vorläufigen Namen 'Entwicklung eines autonomen Modellfahrzeugs' zu entwickeln. Ein Master-Student konnte hierfür als studentische Hilfskraft gewonnen werden. Er war verantwortlich für die Erstellung der benötigten Kursmaterialien, bei der er seine Erfahrung aus den Wettbewerben mit einbringen konnte. Außerdem war es ein Teil der Tätigkeiten, ein Referenzmodell (Hardware und Software) des zu entwickelnden Modellfahrzeugs zu konstruieren und zu testen, das künftigen Studierenden als Grundlage für weitere Entwicklungen und Erweiterungen dienen soll. Bei den aufzubereitenden Materialien handelte es sich sowohl um Foliensätze, die den Studierenden eine schrittweise Anleitung und Hilfestellung zur Entwicklung und Hinweise für weitere Optimierungen liefern sollen, als auch um weitere Dokumente, wie Aufgabenblätter und Dokumentationen. Die Materialien wurden in englischer Sprache verfasst, um den Kurs auch für internationale Studierende zu öffnen.

Die konkreten Ergebnisse des Vorhabens sind:

- Konstruktion, Entwicklung und Optimierung eines Referenzmodells des Fahrzeugs
- Aufbereitung der Kursmaterialien (Foliensätze, Dokumentation, etc.)
- Unterstützende Betreuung des aktuellen IT-Projektteams

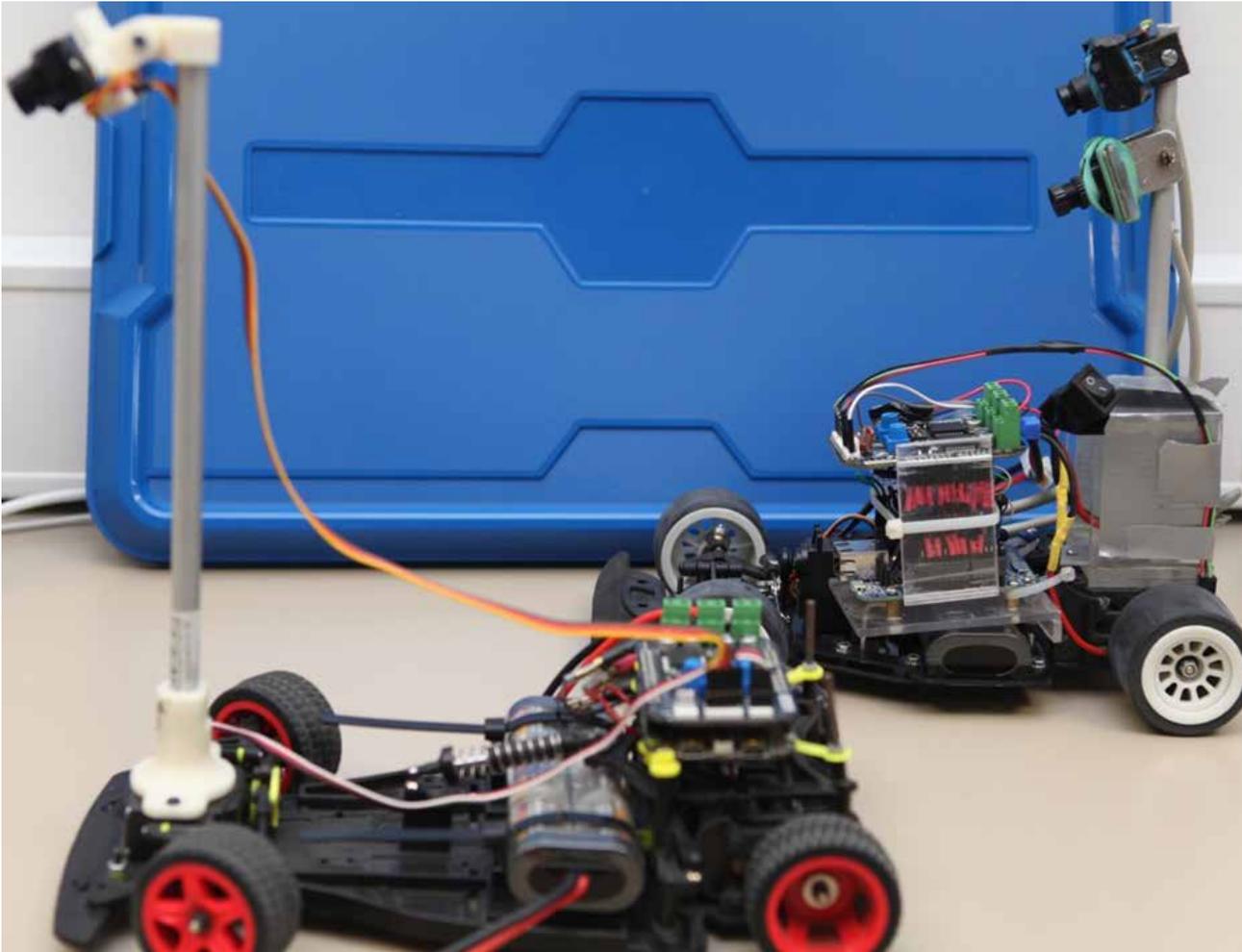


Abbildung 1: Das Modellfahrzeug im Automotive Labor der Fakultät Informatik; Foto: Ramin Tavakoli Kolagari

5. Nachhaltigkeit / Verwertung / wissenschaftliche Arbeiten

Die Ergebnisse des Forschungsprojekts werden in einem konkreten Kurs sowie in einem Wiki (Confluence) verwendet, um nachfolgenden Studierenden einen Einstieg in die Thematik anzubieten. Diese Form der Dokumentation in einem Wiki bietet den Vorteil der flexiblen Erweiterbarkeit sowie der singulären Quelle im Vergleich zu eigenständigen Projektberichten.







Lehrforschung
der TH Nürnberg
2017







Messung von Oberflächen-geschwindigkeiten – zweidimensionale Particle Tracking Velocimetry (2D-PTV)

Prof. Dr.-Ing. habil. Dirk Carstensen
Fakultät Bauingenieurwesen
TH Nürnberg

Um bei der hybriden Modellierung wasserbaulicher Fragestellungen die Ergebnisse aus CFD-Simulationen und der gegenständlichen Modellierung besser aufeinander abstimmen zu können, ist es erforderlich, für physikalische Modellversuche grundsätzlich neue Messtechniken und Analysemethoden zu entwickeln. Zu diesen neuen Methoden zählt das Verfahren der Particle Tracking Velocimetry (PTV). Bei diesem zweidimensionalen Messverfahren werden schwimmfähige Partikel (Tracer) auf der Wasseroberfläche ausgebracht, die dann mit der Oberflächenströmung transportiert werden. Diese Bewegungen werden mittels Fotokamera aufgezeichnet und anschließend in einem Postprocessing analysiert und visualisiert.

Wesentliche Projektziele

Ein Team aus Studierenden des Bachelor- und Masterstudiengangs der Fakultät Bauingenieurwesen haben zusammen ein System entwickelt, mit dem die Problemstellung gelöst werden konnte. Dabei waren sowohl analytische, softwaretechnische und praktische Fragestellungen zu lösen.

Die Studierenden erhielten einen tiefen Einblick in das ingenieurmäßige Bearbeiten von Problemstellungen in der angewandten Forschung, die auch in Form von Vorträgen an andere Studierende vermittelt wurde. Die Ergebnisse stehen jetzt der Fakultät für weitere studentische Arbeiten zur Verfügung.

1. Projektdaten

Fördersumme	6.960 Euro
Laufzeit	April bis Dezember 2017
Fakultät / Institut / Kompetenzzentrum	Fakultät Bauingenieurwesen, IWWN (Institut für Wasserbau und Wasserwirtschaft)
Projektleitung	Prof. Dr.-Ing. habil. Dirk Carstensen
Kontaktdaten	E-Mail: dirk.carstensen@th-nuernberg.de
Projektteam	Prof. Dr.-Ing. habil. Dirk Carstensen, Dipl.-Ing. M. Sc. Tilo Vollweiler, Michael Akstaller, B. Eng.

2. Ausgangslage und Ziele des Forschungsprojekts

Bei hydraulischen Modellversuchen spielen numerische Verfahren (computational fluid dynamics, CFD) eine immer größere Rolle. Die Ergebnisse numerischer Simulationen ergänzen sich mit Ergebnissen aus gegenständlichen Modellversuchen zur sogenannten hybriden Modellierung und stellen so ein Optimum hinsichtlich der Wirtschaftlichkeit und Ergebnisdichte bei der Beurteilung wasserbaulicher Fragestellungen dar.

Um beide Herangehensweisen besser aufeinander abzustimmen, ist es erforderlich, für physikalische Versuche neue Messtechniken und Analysemethoden zu entwickeln. Zu diesen neuen Methoden zählt das Verfahren der Particle Tracking Velocimetry (PTV). Bei diesem zweidimensionalen Messverfahren werden schwimmfähige Partikel (Tracer) auf der Wasseroberfläche ausgebracht, die dann mit der Oberflächenströmung transportiert wer-

den. Diese Bewegungen werden mittels Videokamera aufgezeichnet und anschließend in einem Postprocessing analysiert. Es eröffnet sich hiermit die Möglichkeit der Messung von Scharen von Partikellaufbahnen (Partikeltrajektorien) mit statistischer Analyse der Geschwindigkeits- und Beschleunigungsfluktuation entlang dieser Bahnkurven (Lobutova 2010).

Die Ergebnisse der PTV lassen sich mit den Ergebnissen aus der hydrodynamisch-numerischen Simulation vergleichen und/oder koppeln. Erste Erfahrungen mit diesen Messsystemen konnten von Studierenden an der Bundesanstalt für Wasserbau (BAW) in Karlsruhe im Rahmen des praktischen Studiensemesters (Bachelor Bauingenieurwesen) gesammelt werden. Diese Zusammenarbeit und die Einbindung des Wasserwirtschaftsamtes Nürnberg in die Lehrforschung wurde innerhalb dieses Projektes vertieft.

Im Rahmen der 'Studentischen Forschungsgruppe (StuFo) Wasserbau und Strömungsmechanik', die einen wichtigen Bestandteil innerhalb der Verknüpfung von Lehre und Forschung sowie bei der Befähigung von Studierenden zum eigenständigen Kompetenzerwerb darstellt, sollte ein PTV-System entworfen und entwickelt werden, dass

- Als Analysewerkzeug in der angewandten Forschung für Messungen von Oberflächenströmungen hinsichtlich der turbulenten Geschwindigkeitsverteilung geeignet ist,
- Forschungs- und Abschlussarbeiten (Bachelor und Master) zu strömungstechnischen Fragestellungen durch Messungen an physikalischen Modellen unterstützen kann und,
- In der studentischen Ausbildung (Wasserbau und Strömungsmechanik (Bauingenieurwesen)) für die Vermittlung von Grundlagen der Fluidmechanik geeignet ist sowie in die Öffentlichkeitsarbeit der Hochschule implementiert werden kann.

Da gegenwärtig und in der Vergangenheit derartige Projekte in der angewandten Forschung mit Landesbehörden (Wasserwirtschaftsbehörden, Talsperrenverwaltungen, etc.) und Ingenieurgesellschaften gerade zur An- und Umströmung von Staubauwerken und Hochwasserentlastungsanlagen durchgeführt werden bzw. wurden, soll das System in der Zukunft auch im Rahmen von Forschungsarbeiten unter studentischer Beteiligung am Institut für Wasserbau und Wasserwirtschaft der TH Nürnberg (IWWN) Verwendung finden.

Das PTV-System wurde vorerst im Rahmen der StuFo für den Einsatz im Labor vorbereitet. Nach ersten Tests und Messungen sollten grundlegende und fundierte Erfahrungen vorliegen, die anschließend auf Feldanwendungen zu adaptieren waren. In Kooperation mit dem 'Fliegenden Forschungssystem der Fakultät Bauingenieurwesen' sollte ein Aufzeichnungssystem mittels einer Drohne stationär über einem selektierten Flussabschnitt positioniert werden. Die finalen Auswertungen sollten anschließend nach den erprobten Prinzipien, die zuvor für die Laboranwendungen entwickelt worden waren, durchgeführt werden.

3. Herangehensweise

Die durch das Projektteam betreuten Entwicklungsarbeiten der StuFo sowie die Arbeiten der studentischen Hilfskräfte dienen der Klärung von grundlegenden und z.T. interdisziplinären Fragen. Die Ergebnisse dieses Prozesses, die größtenteils auch die Herangehensweise dokumentieren, lassen sich mit den folgenden Punkten beschreiben:

- Als Tracer für Labormessungen können Kunststoffplättchen verwendet werden, die entsprechende Eigenschaften bezüglich Dichte, Größe, Form und Dauerhaftigkeit aufweisen. Nach entsprechenden Vorversuchen kamen runde, weiße Kunststoffplättchen aus Polypropylen mit einem Durchmesser von 16 mm zum Einsatz.
- Als Tracer für Feldmessungen wurde aufgrund der Umweltverträglichkeit auf handelsübliche Backblaten zurückgegriffen
- Um eine möglichst naturnahe Strömungssituation zu simulieren, konnte zu der im Labor einstellbaren stationären Strömung mittels einer eigens dafür aus dem Budget angeschafften Pumpe eine zusätzliche Schwallströmungen erzeugt werden
- Mit einer am IWWN vorhandenen Foto-/Videokamera konnten erste erfolgreiche Tests durchgeführt werden. Mit den Erkenntnissen aus den ausgewerteten Labor- und Feldversuchen war es möglich, die Anforderungen an das Foto-Video-System genauer zu spezifizieren, um daraus die optischen und technischen Ansprüche an das erforderliche Aufzeichnungssystem zu definieren. Die aus den bereitgestellten Mitteln finanzierte und mit den vorhandenen Erfahrungen selektierte Systemkamera wurde für die abschließenden Messungen genutzt.
- Verschiedene Open Source Softwareprodukte konnten erfolgreich für das Postprocessing getestet und z.T. mit entsprechenden Skriptdateien an die Anforderungen der grafischen Ansprüche angepasst werden.
- An einem aus der Auftragsforschung vorhandenen physikalischen Modell wurden Laborversuche mit standardisierten Situationen durchgeführt und ausgewertet. Aufbauend aus den Erkenntnissen aus den Laboruntersuchungen wurden Feldversuche in unmittelbarer Nähe zum Wöhrder See durchgeführt und erfolgreich analysiert.

4. Forschungsergebnisse

4.1 Ergebnisse Laborversuche

Vor dem eigentlichen Beginn einer PTV-Messung wird der zu untersuchende Modellbereich in einzelne Abschnitte eingeteilt und mit Passpunkten versehen. Um die Geschwindigkeiten im richtigen Maßstab auszuwerten, ist eine Referenzierung der Kamera erforderlich. Dazu werden Passpunkte, i.d.R. an der Wasseroberfläche schwimmende weiße Kunststoffplättchen, im Messfeld angebracht. Die Kunststoffplättchen werden von Metallstangen an zuvor eingemessenen Koordinaten gehalten und bilden die Referenzpunkte für die spätere Auswertung. Mindestens vier auf der Wasseroberfläche schwimmende Teilchen, die in x/y Richtung fixiert sind, müssen auf dem Bild erkennbar sein. Drei davon dürfen sich nicht auf einer Linie befinden (vgl. Abbildung 1). Es sollten möglichst keine Störungen oder Spiegelungen im Bild sein, da in diesem Bereich keine Messdaten aufgenommen werden können.

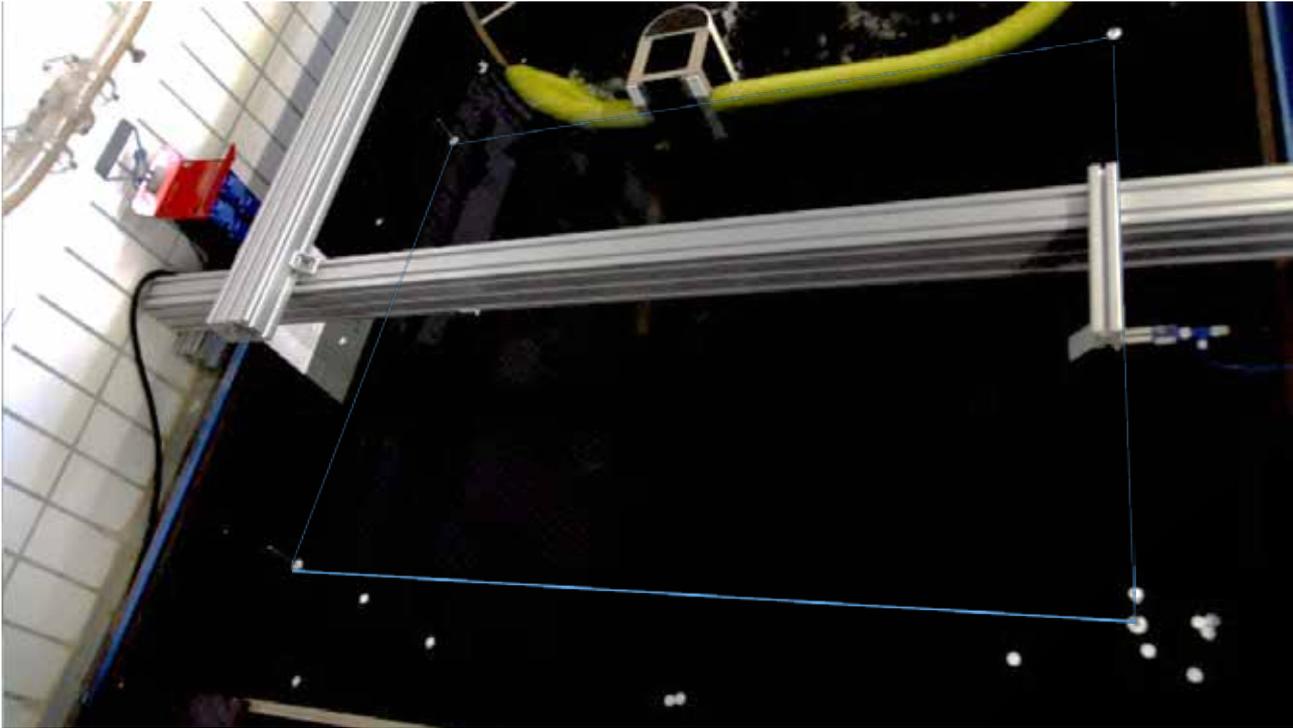


Abbildung 1: mit Passpunkten definiertes Messfeld (durch blaue Linien Markiert); Foto: IWWN, 2017

Die vier Passpunkte dienen der Transformation von Kamerakoordinaten in das Modellkoordinatensystem. Innerhalb des Vierecks wird die Transformation interpoliert, außerhalb extrapoliert. Das Viereck sollte daher möglichst in den Ecken des Messbereichs liegen, da somit eine höhere Genauigkeit der Transformation erzielt werden kann.

Transformiert wird die Ebene der Passpunkte, hier die Wasseroberfläche. Liegen die Passpunkte nicht auf der Wasseroberfläche, oder ist der Wasserspiegel nicht linear geneigt, z.B. infolge von Störungen durch ein Wehr, kann der Bereich zweidimensional (2D) nicht befriedigend vermessen werden. Hierfür wäre eine dreidimensionale (3D) PTV mit einem Mehrkamerasystem erforderlich.

Die Auswertung der 2D-PTV erfasst optische Bewegungen auf der Wasseroberfläche. Die Tracer werden mit Hilfe der Trackingsoftware „Blender 2.77“ und einer eigens erstellten VBA/Excel GUI ausgewertet.

Die Darstellung der Oberflächengeschwindigkeiten wird über eine Farbskalierung gelöst. Sämtliche Rohdaten werden auf ein vorgegebenes Raster interpoliert, um anschließend grafisch dargestellt werden zu können. Die Spreizung der Farbwerte kann in der Software „FIKS“ flexibel eingestellt werden. Eine Plandatei könnte mit integriert werden, um die Messwerte übersichtlicher zuordnen zu können. Die Punktkoordinaten der Geschwindigkeiten sind im Modellkoordinatensystem hinterlegt und werden über die perspektivische Transformation orthogonal zur Wasseroberfläche projiziert (Akstaller 2016). Die dargestellten Farbwerte bilden Mittelwerte aller vorhandenen Messdaten, welche in mittlere Bahnlinien oder Geschwindigkeitsvektoren rückgerechnet werden können.

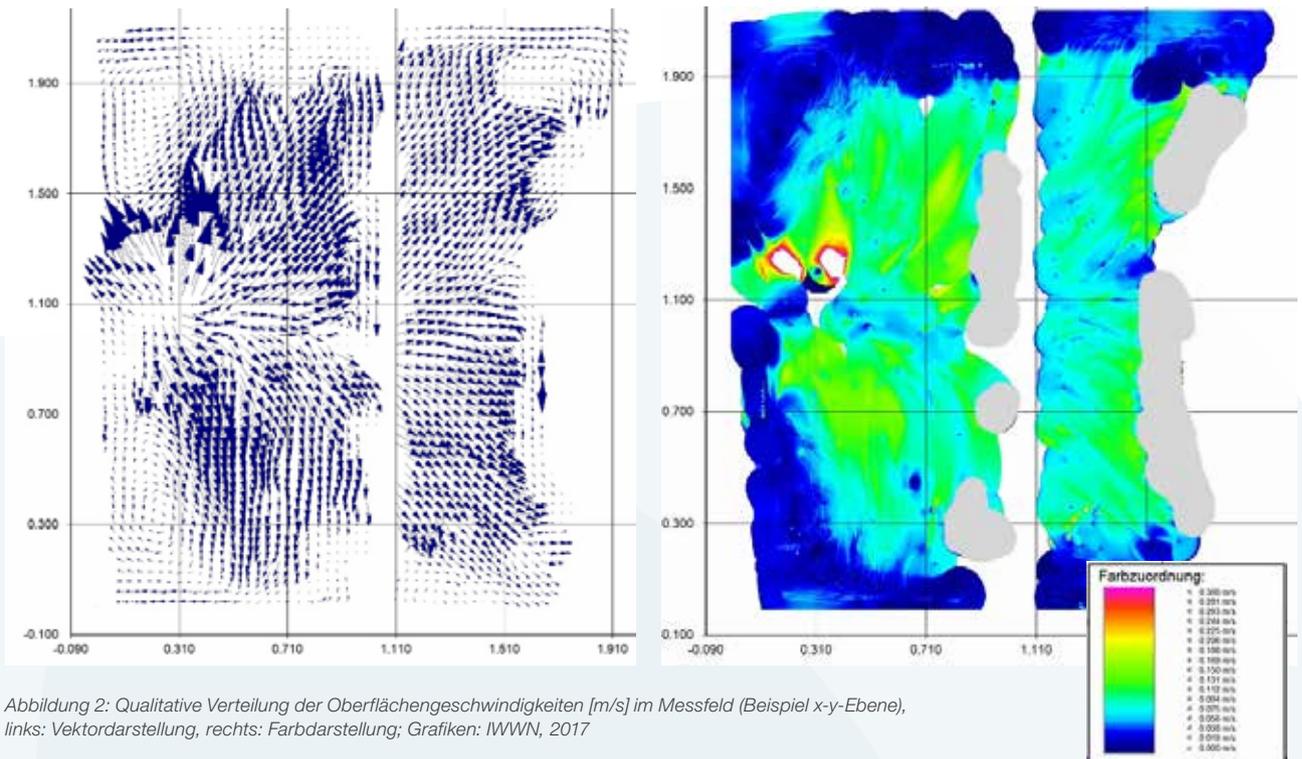


Abbildung 2: Qualitative Verteilung der Oberflächengeschwindigkeiten [m/s] im Messfeld (Beispiel x-y-Ebene), links: Vektordarstellung, rechts: Farbdarstellung; Grafiken: IWWN, 2017

Grenzen der 2D-PTV

Bei den Labormessungen am gegenständlichen Modell war im Einlaufbereich eine Traverse über dem Modellbereich angebracht (vgl. Abbildung 3). Die im Einlauf schwimmenden Tracerpartikel werden von der Traverse verdeckt und können dort nicht weiterverfolgt werden. Zudem entstehen aufgrund schlechter Kontrastverhältnisse zwischen Tracer und Traverse Messfehler an der Sichtkante der Traverse.

Einen weiteren optischen Störkörper bildet der im Vergleich zum restlichen Modell sehr helle Wehrkörper (vgl. Abbildung 3, links). Dies soll beispielhaft darstellen, dass das Tracking in solchen Bereichen nicht korrekt erfolgt. Aus solchen Fehlinterpretationen durch die Software entstehen Bereiche mit deutlich kleineren Geschwindigkeiten, hier an der Traversenkante sowie am Wehrkörper. Die Geschwindigkeiten sind an diesen Stellen unplausibel und müssen händisch entfernt werden (vgl. Abbildung 3, rechts). Sollten in Zukunft an einem hydraulischen Modell 2D-PTV Messungen eingesetzt werden, so müsste ggf. bei der Modellplanung auf derartige Störkörper verzichtet werden. Die nachträgliche Entfernung von falschen Messpunkten ist zwar möglich, beinhaltet aber immer eine leichte Unschärfe. Die Erfahrung der auswertenden Person beeinflusst zusätzlich die Qualität der Ergebnisse.

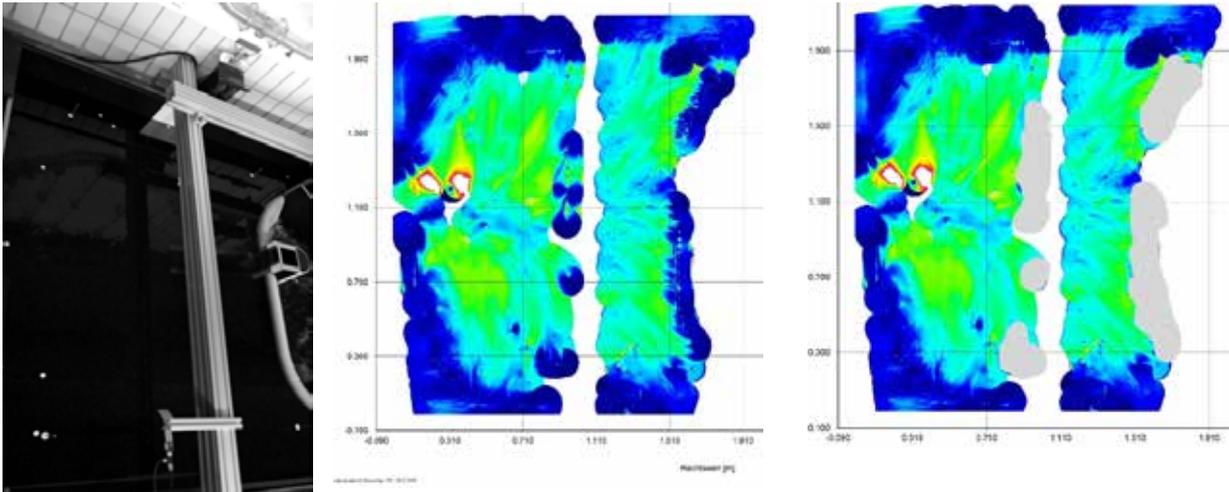


Abbildung 3: 2D-PTV Messung im Labor, links: Foto der Modellstrecke (Bild 90° gedreht, Fließrichtung von links nach rechts), mitte: die unbearbeiteten Rohdaten, rechts: mit ausgegrauten Messfehlern; Foto und Grafiken: IWWN, 2017

4.2 Ergebnisse Feldmessungen

In einer Reihe von Feldmessungen wurden die Lichtverhältnisse und mögliche Kameraperspektiven getestet. Aufgrund der allseitigen Zugänglichkeit und der begrenzten Größe wurden aussagekräftige Feldmessungen mit dem 2D-PTV System am Wöhrder See im Zulauf vom Südufer zum Goldbach durchgeführt (vgl. Abbildung 4).



Abbildung 4: Tracer (Backblaten) im Fließgewässer am Wöhrder See; Foto: IWWN, 2017

Die eigentliche Messung dauert grundsätzlich nur zwei Minuten. In dieser Zeit werden stromauf Tracerteilchen hinzugegeben, während die Kamera aus einer festen Perspektive den Flussschlauch filmt. Bei den Untersuchungen stand die Kamera zwei Meter über dem Boden und ca. vier Meter über der Wasseroberfläche auf einem festen Stativ. Da keine Sonnenreflexionen auf der Wasseroberfläche vorhanden waren, war an jeder Stelle aus-

reichend Kontrast vorhanden, um die Partikel zu verfolgen. In diesem Testlauf wurden ca. 100 Tracer in die Strömung gegeben, wodurch 20.000 Messpunkte in der Auswertung entstanden. Die Auswertung beruht jeweils auf dem bekannten Geschwindigkeitsintervall der Kamera (25 Bilder/Sekunde) und der Rückrechnung der Bildpixel auf die Naturkoordinaten (Akstaller 2016).

Die Auswertung erfolgte mit der schon aus den Labormessungen getesteten Software, mit der die Bahnlinien exportiert werden können. Nach der Transformation der Koordinaten konnten die Flächendaten visualisiert und weiter ausgewertet werden (vgl. Abbildung 5).

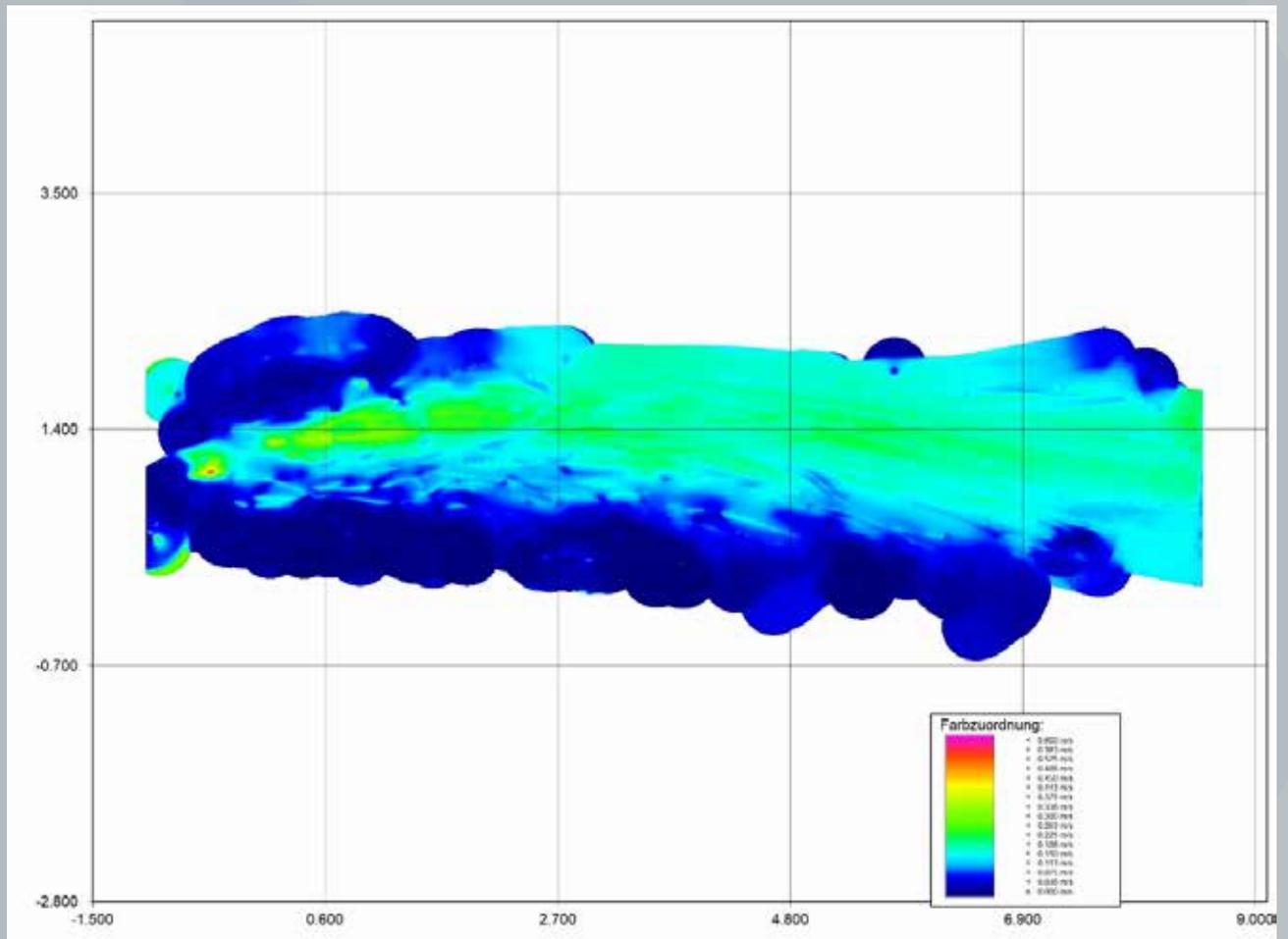


Abbildung 5: Visualisierung der Oberflächengeschwindigkeitsverteilung [m/s] im lokalen Koordinatensystem für die Testmessung am Wöhrder See (vgl. Abbildung 4, Fließrichtung von links nach rechts; Grafik: IWWN, 2017)

5. Fazit und Ausblick

Sowohl im Laborbereich als auch in der Naturdatenermittlung ergeben sich durch die videometrischen Messverfahren ganz neue Möglichkeiten zur Datenerhebung. Ein berührungsloses Messsystem beeinflusst die Strömung nicht, da keine Störkörper in Form von Messgeräten in das Gewässer eingebracht werden müssen. Mit dem neuen Kamerasystem (Olympus OM-D E-M10 Mark III, Objektiv mit fester Brennweite) konnte die Qualität der Messungen noch gesteigert werden.

Die Videometrie stellt ein sehr schnelles Messverfahren zur Ermittlung von Oberflächengeschwindigkeiten dar. Innerhalb weniger Minuten können die Fließgeschwindigkeiten großer Bereiche mit sehr hoher Genauigkeit er-

mittelt werden. Zur Vorbereitung wird ein Koordinatensystem mit festen Passmarken am Rand des Messfeldes benötigt. Die Aufstellung/Positionierung der Passpunkte kann sich je nach Genauigkeitsanforderungen etwas aufwändiger darstellen. Es sind zu erwähnen, dass es systembedingt nicht erfassbare Bereiche geben kann. An Stellen mit Bewuchs, bei sonstigen Verdeckungen oder auch bei reflektierender Sonneneinstrahlung sind Teile des Bildes nicht erfassbar bzw. werden nicht präzise genug abgebildet. Hiervon sind vor allem Randbereiche der Gewässer betroffen.

Besonders in der Naturdatenerhebung ist die praktikable Möglichkeit mit einer handelsüblichen digitalen Kamera zu arbeiten sehr interessant. Es ist kaum noch Hardware und Personalaufwand nötig, um die Oberflächengeschwindigkeiten großer Flächen zu vermessen. Die Mobilität des Messteams kann deutlich erhöht werden, wenn das benötigte Equipment immer kleiner und leichter wird.

Die Limitierung des Messbereichs liegt in der Kamerapositionierung. Weiterführend wäre zu untersuchen, ob mit Stabilisierung und Bild-zu-Bild Orientierung eine Drohnenlösung für die Bildaufnahmen in Betracht zu ziehen wäre. Damit wären deutlich größere Messbereiche möglich, da die Kamera eine höhere Position einnehmen kann. Auch wird die Kameraposition von der Umgebung unabhängig und muss nicht mehr über festem Boden positioniert werden. Diese und weitere Arbeiten werden zukünftig am IWWN verfolgt und getestet sowie in der Lehre verwendet.

6. Literatur

Akstaller, Michael. 2D-PTV - Messungen von Oberflächengeschwindigkeiten. Nürnberg, 2016.

Bundesanstalt für Wasserbau (BAW). Wasserbauliches Versuchswesen. Bd. Nr. 90. Mitteilungsblatt. Karlsruhe, Juli 2007.

Lobutova, Elka. Entwicklung und Anwendung eines Particle-Tracking-Velocimeters zur Untersuchung von großskaligen Strukturen in thermischer Konvektion. Bd. Dissertation. Ilmenau, 2010.

Luhmann, Thomas. Erweiterte Verfahren zur geometrischen Kamerakalibrierung in der Nahbereichsphotogrammetrie. Bde. Reihe C, Nr. 645. Deutsche Geodätische Kommission, 2010.









Automatisierte Transportkupplung

Prof. Dr.-Ing. Martin Cichon
Fakultät Maschinenbau und Versorgungstechnik
TH Nürnberg

Wesentliche Projektziele

Das Institut für Fahrzeugtechnik engagiert sich in der angewandten Forschung auf dem Gebiet des autonomen und automatischen Fahrens von Eisenbahnfahrzeugen. Eine Einbindung in diese Forschungstätigkeit von Interessierten ab dem 6. Semester erscheint im Rahmen der angebotenen Lehrveranstaltungen sinnvoll. Projektteams der Lehrveranstaltung ‚Leichtbau Konstruktion‘ des Bachelorstudiengangs wurden mit der Entwicklung und Konstruktion eines Sensorträgers betraut. Die Projektteams entwickelten aus den Anforderungen Lösungsmöglichkeiten durch die Anwendung von Kreativitätstechniken, bewerteten diese und stellten sie im Rahmen der Lehrveranstaltung dem Auditorium vor. Im Ergebnis stellte sich heraus, dass die Berücksichtigung echter industrieller Anforderungen eine Aufgabenstellung komplexer werden lässt, im Gegenzug jedoch die Motivation daran zu arbeiten, in erheblichem Maße steigt.

1. Projektdaten

Fördersumme	8.800 Euro
Laufzeit	Januar bis Dezember 2017
Fakultät / Institut / Kompetenzzentrum	Fakultät Maschinenbau und Versorgungstechnik
Projektleitung	Prof. Dr.-Ing. Martin Cichon
Kontaktdaten	E-Mail: martin.cichon@th-nuernberg.de

2. Ausgangslage und Ziele des Forschungsprojekts

Das Institut für Fahrzeugtechnik engagiert sich in der angewandten Forschung auf dem Gebiet des autonomen und automatischen Fahrens von Eisenbahnfahrzeugen. Eine Einbindung in diese Forschungstätigkeit von Interessierten ab dem 6. Semester erscheint im Rahmen der angebotenen Lehrveranstaltungen sinnvoll. Auf der Basis der Digitalisierung und Automatisierung industrieller Prozesse ergab sich die Aufgabenstellung, für den innerbetrieblichen Transport von Fahrwerken mit Hilfe eines Zweibegefahrzeugs einerseits eine automatische Aufnahmeeinrichtung und andererseits eine Lösung für die Umfeldsensorik zu entwickeln. Beide Teilkomponenten sind ein wesentlicher Bestandteil eines zu einem späteren Zeitpunkt zu konzipierenden Zweibegefahrzeugs, das auf Basis eines am Markt verfügbaren Fahrzeugs umgebaut werden soll. Insofern beeinflussen sich die Lösungen für die beiden Komponenten ‚Aufnahmeeinrichtung‘ und ‚Sensorträger‘ gegenseitig. Das Ziel ist es, Konzepte zu finden, die die Anforderungen unter Berücksichtigung der industriellen Umgebung am besten erfüllen.

3. Herangehensweise und Lehrkontext

Die Entwicklung und Konstruktion der Aufnahmeeinrichtung wurde in Form einer Abschlussarbeit im Masterstudiengang Maschinenbau gestartet. Parallel dazu wurden Projektteams der Lehrveranstaltung ‚Leichtbau Konstruktion‘ mit der Entwicklung und Konstruktion des Sensorträgers betraut. Im Rahmen der Lehrveranstaltung wurden zunächst die Grundzüge der systematischen Konzeption nach VDI 2221 gelehrt und erarbeitet sowie

Kreativitäts- und Bewertungstechniken geübt. Bei einem Vor-Ort Termin im DB Werk Nürnberg, in dem unter anderem die Fahrwerke des ICE instandgesetzt werden und innerbetrieblich transportiert werden müssen, erarbeiteten die Studierenden die Anforderungen an die Komponenten und an das System.



Abbildung 1: Werksbesuch DB Werk Nürnberg. Foto: DB Werk Nürnberg

Die Projektteams hatten die Aufgabe, sich selbst zu organisieren und wurden dabei intensiv betreut. Sie entwickelten aus den Anforderungen Lösungsmöglichkeiten durch die Anwendung der Kreativitätstechniken, bewerteten diese und stellten sie im Rahmen der Lehrveranstaltung dem Auditorium vor. Zugleich mussten alle Projektbeteiligten die Entwicklung der Aufnahmeeinrichtung in ihrer Lösungsfindung berücksichtigen, was zu weiterer Kommunikation zwischen den Teams und dem Masteranden führte. Begleitet wurde dies durch einen Professor und einen wissenschaftlichen Mitarbeiter des Instituts für Fahrzeugtechnik.

4. Fazit und Ausblick

Im Ergebnis stellte sich heraus, dass die Berücksichtigung echter industrieller Anforderungen eine Aufgabenstellung komplexer werden lässt, im Gegenzug jedoch die Motivation daran zu arbeiten, in erheblichem Maße steigt. Durch die sehr enge Begleitung der Teams und eine intensive Vorbereitung auf theoretischer Basis in den ersten Lehrveranstaltungen konnte die Bearbeitung des komplexen Problems gute Fortschritte erreichen. Obwohl die eigentliche Sensorik nicht Teil der Aufgabe war, erarbeiteten viele Teams ihre Lösungen unter Berücksichtigung möglicher neuerer Sensorkomponenten aus eigenem Antrieb heraus. Didaktisch wurde großer Wert auf die Abstraktion realer komplexer Aufgabenstellungen gelegt. Diese wurden auf den wesentlichen Kern hin reduziert, für den mit Hilfe der im Studium erlernten Methoden Lösungsräume und letztendlich konkrete konstruktive Umsetzungen erarbeitet wurden. Fachlich wurde den angehenden Ingenieuren bewusst, wie wichtig die Einbindung mechatronischer und digitaler Komponenten in Maschinen der Zukunft ist.









Betonkanubau

Prof. Dr.-Ing. Thomas Freimann
Fakultät Bauingenieurwesen
TH Nürnberg

Wesentliche Projektziele

Ziel des Projekts war der konstruktive und gestalterische Entwurf eines Betonkanus zur Teilnahme an dem Internationalen Wettbewerb der Betonkanuregatta der Deutschen Zementindustrie 2017 in Köln. Die Studierenden aus dem zweiten und vierten Semester des Bachelorstudiengangs Bauingenieurwesen sollten eine fachübergreifende Projektleistung von der Planung und dem Entwurf einer Bootsgeometrie über die Optimierung der Betonzusammensetzung für den vorgesehenen Bauablauf bis hin zur organisatorischen Umsetzung der Herstellung erbringen. Der Entwurf sollte kreative, neuartige Ideen zeigen, die die Studierenden auch direkt als gemeinsame Teamleistung im Bau umsetzen sollten. Insgesamt haben die Studierenden zwei Boote gebaut und sie auf der Regatta mit vier Mannschaften eingesetzt.

1. Projektdaten

Fördersumme	3.000 Euro
Laufzeit	März bis Juli 2017
Fakultät / Institut / Kompetenzzentrum	Fakultät Bauingenieurwesen
Projektleitung	Prof. Dr.-Ing. Thomas Freimann
Kontaktdaten	E-Mail: thomas.freimann@th-nuernberg.de

2. Ausgangslage und Ziele des Forschungsprojekts

Alle zwei Jahre veranstaltet die Deutsche Zementindustrie einen Wettbewerb zum Betonkanubau, zur Teilnahme sind insbesondere Studierende der Bau- und Architekturfakultäten in Deutschland und dem benachbarten Ausland aufgerufen. Zumeist nehmen hieran etwa 100 Teams aus ungefähr 50 nationalen und internationalen Hochschulen teil. Die Betonkanuregatta 2017 fand im Juni auf dem Fühlinger See bei Köln statt. Die Studierenden der Fakultät Bauingenieurwesen nahmen bereits an den letzten zehn Wettbewerben teil. Daher hat sich auch im WS 2016/17 eine Gruppe von 25 Studierenden aus unterschiedlichen Semestern zusammengefunden, um freiwillig ohne Anrechnung von Leistungspunkten im Curriculum diese Herausforderung anzunehmen. Die Bauaufgabe beinhaltet die Konzeption und den Entwurf eines neuen Betonkanus für zwei Personen unter Verwendung einer möglichst interessanten Konstruktionsidee. Eine derartige Aufgabe ist eine ideale Form einer fachübergreifenden Aufgabenstellung. Die Tätigkeiten in dieser Teamleistung sind sowohl der Statik, dem geometrischem Entwurf, der Materialoptimierung, den wasserbaulichen Bemessungen als auch der Bauorganisation und baubetrieblichen Aspekten zuzurechnen. Gerade die ganzheitlich zu bewältigende Aufgabe erfordert eine gut abgestimmte Teamleistung, vergleichbar mit einer Projektsteuerung für ein Bauwerk.

3. Herangehensweise und Lehrkontext

Im Betonlabor der TH Nürnberg entwickelten die Studierenden die zwei Kanus „ALWAYS UP“ und „NEVER DOWN“. Beteiligt waren überwiegend Studierende aus dem zweiten und vierten Semester sowie aus dem sechsten Semester. Am Beginn des Projekts stand die iterative Konzeption und Entwicklung einer Idee für die Baukonstruktion der Kanus. Als Ergebnis der zahlreichen Diskussionen mit vielen Bauvorschlägen beschlossen die Studierenden, eine vorgespannte Bauweise aus einzelnen Betonfertigteilstegsegmenten zu entwickeln. Durch die Herstellung eines einfachen Schalungsmoduls mit nur einem Meter Länge, das mehrfach für die Betonage verwendet werden kann, sollten sie eine möglichst platzsparende Bauweise mit wiederholt nutzbaren Bauteilen auswählen. Die einzelnen Fertigteile, sowie das Kopf- und Endsegment, spannten die Studierenden anschließend zusammen. Dafür nutzten sie eine außenliegende, externe Litzenvorspannung.

Aus der Grundidee einer segmentierten Bauweise ergaben sich mehrere Vorteile, aber auch spezielle Herausforderungen. Der Schalungsaufwand wurde reduziert. Der Platzbedarf im Labor blieb gering und der anschließende Transport zum Wettbewerb konnte einfacher und in kleineren Fahrzeugen stattfinden. Der Mehrfacheinsatz der Schalung führte zu einer nachhaltigeren Konstruktion und Nutzung. Nachteilig waren der Konstruktionsaufwand der Dichtung zwischen den Segmenten und die erforderliche hohe Präzision bei der handwerklichen Umsetzung, um eine passgenaue Fügung der Segmente zu erreichen. Weiterhin war ein eigener Entwurf und Bau der Vorspannbefestigung erforderlich.

Den Kanuquerschnitt lehnten die Studierenden an ein umgekehrtes OHM-Zeichen der TH Nürnberg an, die Seitenflächen bauten sie daher als abgekanntete Gestalt ohne Ausrundungen. Diese Wahl erleichterte die anschließende Schalhautfertigung aus Stahlblech. Die als „UPSIDE DOWN“-Konzept bezeichnete Bauart führte letztlich auch zu den Namensgebungen „ALWAYS UP“ und „NEVER DOWN“ mit zugehörigem Entwurf eines eigenen Mannschafts-T-Shirts inklusive Logo (s. Abbildung 2).

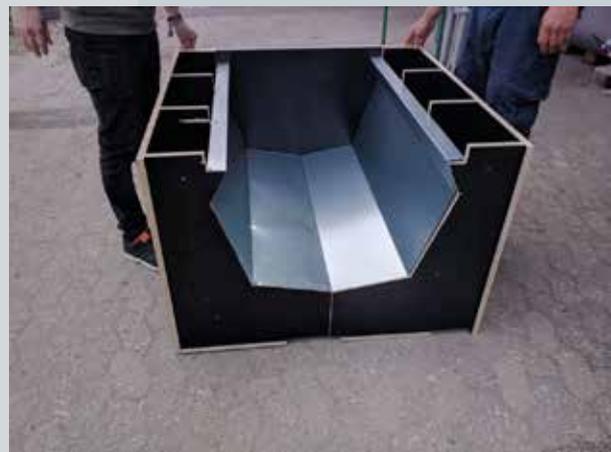


Abbildung 1a und 1b: Entwurf und Bau der Schalung für einzelne Segmente. Fotos: Johannes Bradl

Für den Bau unterteilte sich das Team in mehrere kleine Gruppen, die sich zeitlich versetzt um den Bau der Schalung, Berechnungen, Organisation und Probebetonnagen kümmerten. Nachdem sie die Schalung für Bug und

Heck aus Blech in die richtige Form gebracht hatten, konnten die Studierenden die Probebetonagen zur Optimierung der Einbaumethode und Entwicklung der Betonzusammensetzung durchführen. Aufgrund der besonderen Formgebung der zwei unterschiedlichen Schalungen (Bug und Heck s. Abbildung 1a, Mittelteil s. Abbildung 1b) mussten die Studierenden den jeweiligen Beton Auftrag in der Konsistenz und Einbaumethode ebenfalls anpassen.

Für das Mittelteil des Kanus wählten die Studierenden eine Schalung aus Sperrholz mit Blechbeplankung, bei der sie den Beton seitlich einfüllen konnten. Dadurch durfte der Beton eine etwas weichere Konsistenz haben. Bei Bug und Heck fiel die Wahl der Studierenden auf steiferen Beton, den sie in kleinen Portionen zusammen mit der Glasfaserbewehrung in die Schalung drückten und mit einer Rolle gleichmäßig ausrollten. Durch die Form des umgekehrten Ω (in Anlehnung an das Logo der Hochschule) entstanden allerdings einige Probleme beim Einbau mit der Haftfähigkeit, weil der Beton durch die vielen Schrägen nicht einfach aufzubringen war.

Die Segmente dichteten die Studierenden mit Dichtprofilen an den Stoßstellen über den Anpressdruck aus der Vorspannung ab. Bei der Verwendung der externen Litzenvorspannung war schwer abzuschätzen, wie sich die unterschiedlichen Lastzustände (Anheben, Absetzen, Personenlast im Wasser) auf die Dichtigkeit des Kanus auswirken und ob die Vorspannkraft mit einer Schraubenvorspannung ausreichend hoch aufgebracht werden kann. Beides hat sich im realen Einsatz als gut möglich und durchführbar erwiesen. Es gab so gut wie keine Dichtigkeitsprobleme oder statische Überlastungen im Betrieb. Beide Kanus wiesen bei Wanddicken von etwa 5 bis 10 mm hohe Stabilitäten in der Nutzung auf.



Abbildung 2: Design der T-Shirts der Boote „ALWAYS UP“ und „NEVER DOWN“; Foto: Sonja Silano

Bis zum Beginn des Wettbewerbs waren weitere organisatorische Hürden zu meistern. Die Teams, die das Kanu letzten Endes paddeln sollten, mussten nach der Festlegung gemeinsam trainieren. Für die Regatta selbst waren Anfahrt, Übernachtung im Zelt, Präsentation der Kanus vor der Jury sowie ein Konstruktionsbericht vorzubereiten. Ebenso warben sie zahlreiche Sponsoren zur Unterstützung bei den verwendeten Materialien ein.

4. Forschungsergebnisse und Nachhaltigkeit / Verwertung

An dem Wettbewerb selbst nahmen etwa 1000 Studierende aus ca. 50 Hochschulen teil. Leider konnte in diesem Jahr keine Platzierung im Wettbewerb erreicht werden (s. Abbildung 3). Trotzdem war das Projekt lehrreich hinsichtlich der Arbeitsorganisation sowie der interdisziplinären Entwicklungsaufgaben und hat allen Beteiligten einen großen Mehrwert gebracht.



Abbildung 3: Testfahrten auf dem Fühlinger See bei Köln. Foto: Thomas Freimann

Betonzusammensetzung und Schalung

In zahlreichen Schritten entwickelten die Studierenden einen Hochleistungsmörtel, der sich im Bereich hochfester Betone mit gleichzeitiger guter Einbaufähigkeit befand. Insbesondere die rheologischen Eigenschaften der Mörtel mussten die Studierenden sehr genau an die gewählten Spachtel- und Auftragsmethoden einstellen.

Mischungsverhältnis	M.-Prozent
Wasser	11,3
CEM I 52,5 N Weißzement	21,6
Quarzsand 0,1 mm – 0,6 mm	43,2
Quarzmehl	21,6
Mikrosilika-Suspension	2,2
Fließmittel auf PCE-Basis	0,15
1 : s/z : g/z : w/z	1 : 0,10 : 3,00 : 0,53

Die Studierenden mussten eine erhebliche Entwicklungsarbeit in eine schubfeste und dichte Verbindung zwischen den Segmenten leisten. Nach mehreren Vorüberlegungen verwendeten sie ein System aus einbetonierter Kohlefaser-Hülse und eingestecktem Kohlefaser-Stift. Dafür mussten sie die Hülssen sehr präzise positionieren.

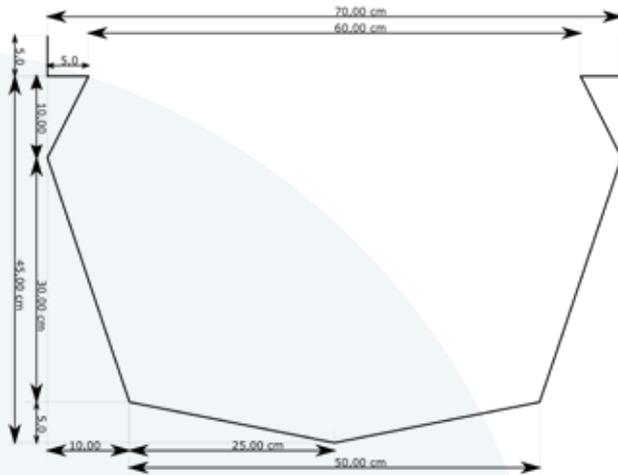


Abbildung 4: Querschnittsprofil des Kanus; Grafik: Johannes Bradl

Insgesamt betonierten die Studierenden für zwei Kanus sechs Mittelsegmente (s. Abbildung 4) und vier Endstücke. Die Kanus hatten montiert eine Gesamtlänge von 5,60 m und ein Gewicht von 70 kg. Für jedes Kanu waren etwa 7 m² Betonoberfläche herzustellen. Die Schwimmstabilität der gewählten Querschnittsgeometrie wiesen die Studierenden über einen Nachweis der metazentrischen Höhe vor dem Bau nach. Ebenso entwarfen und bauten sie selbst Auftriebskörper, Bojen und Sitzgelegenheiten für die Kanus.

Mitglieder des Betonkanu-Teams:

Angerer, Helena; Bradl, Johannes; Carra, Nina; Chee, Hoong Yew; Dornberger, Sina; Ebert, Stefanie; Falkner, Julian; Freimann, Thomas; Freise, Marit; Hüfner, Johannes; Killing, Thomas; Kirchhöfer, Sandra; Kirschner, Arnika; Mörgelin, Jonathan; Neumann, Florian; Pokorny, Leo; Pösold, Verena; Reul, Laura; Rose, Max; Schauburger, Frederik; Schöning, Tim; Silano, Sonja; Tuma, Tanja; Ulm, Simeon; Vogel, Linda; Hofmann, Lukas; Junghanns, Lukas; Wagner, Thomas; Wedel, Stephanie; Wetzels, Henry;



Abbildung 5: Erschöpft, aber zufrieden am Ende der Betonkanuregatta 2017 in Köln. Foto: Thomas Freimann

5. Fazit und Ausblick

Das Projekt „Betonkanu“ zeigte den Studierenden deutlich auf, dass eine gemeinsame Teamleistung zu einem größeren Erfolg führt als eine Einzelleistung. Die Selbstorganisation der Gruppe in den unterschiedlichen Aufgaben hat die Kompetenzen im strukturierten Arbeiten und dem Lösen von unterschiedlichsten Problemen geschult. Gleichzeitig konnten die Studierenden ihre fachübergreifenden Kenntnisse und Fähigkeiten erweitern und im Rahmen eines sportlichen Events die eigene Konstruktion im Wettbewerb einsetzen. Damit machten sie sowohl Erfahrungen im forschenden Lernen, in der Organisation von Projekten und in der gemeinsamen Erarbeitung im Team. Die letztlich auch noch sportliche Herausforderung hat die beteiligten Studierenden als Gruppe zusammengeschweißt. Dies wird den Beteiligten auch im weiteren Studienfortschritt zugute kommen. Das Projekt hat sich bisher jedesmal aus Sicht der Studierenden als spannende und erlebnisreiche Erfahrung herausgestellt.









Formula Student

Prof. Dr.-Ing. Ulrich Grau
Fakultät Maschinenbau und Versorgungstechnik
TH Nürnberg

Aufgrund der hohen Nachfrage findet das Projekt „Formula Student Bau und Entwicklung eines Rennfahrzeuges“ erneut im Rahmen eines Wahlfachs statt.

Das Ziel des Wahlfachs ist es, ein voll funktionsfähiges elektrisches Rennfahrzeug zu bauen.

Die Rahmenbedingungen hierfür werden von dem Verein „Formula Student Germany e.V.“ mit einem Regelwerk vorgegeben. Innerhalb eines Jahres konstruieren und bauen die Studierenden damit ein Elektroauto. Das Ziel ist es, mit diesem Rennfahrzeug im Rahmen des internationalen Konstruktionswettbewerbs Formula Student mehrere Rennen im In- und Ausland zu fahren. Im Inland ist dieses Event unter Formula Student Germany bekannt und wird in Hockenheim ausgetragen. Die Teilnahme an Events im Ausland ist ebenfalls möglich. Derzeit erkennt die Fakultät MB/VS das Wahlfach als Wahlpflichtfach an. Eine Anerkennung in der Fakultät efi befindet sich momentan in Gesprächen. Eine Einschränkung bezüglich Studiengang oder Semester gibt es nicht.

Wesentliche Projektziele

Das Team engagiere sich auch bei Aktivitäten innerhalb und außerhalb der Hochschule aktiv. Zur öffentlichkeitswirksamen Präsentation hat das Team bei Schülerinformationstagen und bei dem Initiativtag der Fakultät Betriebswirtschaft ausgestellt. Bei der Langen Nacht der Wissenschaften 2017 gab es parallel zwei Standorte, an dem das Team aktiv war. Neben einer eigenen Ausstellung in der TH Nürnberg präsentierte sich das Team bei einem der Sponsoren, der Continental AG.

1. Projektdaten

Fördersumme	6.700 Euro
Laufzeit	Januar bis Dezember 2017
Fakultät / Institut / Kompetenzzentrum	Fakultät Maschinenbau und Versorgungstechnik
Projektleitung	Prof. Dr.-Ing. Ulrich Grau
Kontaktdaten	E-Mail: ulrich.grau@th-nuernberg.de teamleitung@strohmundsoehne.de

2. Ausgangslage und Ziele des Forschungsprojekts

Das vergangene Jahr 2017 war maßgeblich geprägt durch die Entwicklungsarbeit an einem neuen Fahrzeugkonzept. Das Team hat sich entschieden, Antrieb und Chassis im Vergleich zu den Fahrzeugen Nora 1 bis Nora 4 revolutionär zu verändern. Aus diesem Grund verzichteten die Studierenden für die Saison 2017 auf eine Teilnahme an den Wettbewerben, um die vorhandene Kapazität ausschließlich in die Entwicklung der Einzelradantriebe / des Allradantriebs und des Aluminium-Monocoques zu investieren.

Den Rahmen aller technischen Lösungen bildet das Reglement der Formula Student Electric. Die stringenteren Vorgaben sollen vor allem die Sicherheit der Teams und der Fahrerinnen und Fahrer, aber auch der Zuschauerinnen und Zuschauer und Beteiligten bei den Wettbewerben gewährleisten.

Im Rahmen von Lehrveranstaltungen oder durch die Betreuung von Abschlussarbeiten des Bachelorstudiengangs Maschinenbau führen die Studierenden verschiedene technische Entwicklungen zum Fahrzeug durch. Die Fakultät kann Projektarbeiten im Team bei Erfüllung entsprechender Voraussetzungen auch als fachwissenschaftliches Wahlpflichtfach anerkennen. Des Weiteren ist eine Anerkennung der Mitarbeit im Team als allgemeinwissenschaftliches Wahlfach fakultätsübergreifend möglich.

3. Herangehensweise und Lehrkontext

Bei Formula Student handelt es sich um einen internationalen Konstruktionswettbewerb mit sehr hohem Bekanntheitsgrad bei Hochschulen und in der Industrie. Das Ziel des Wettbewerbs ist es, ein voll funktionsfähiges Rennfahrzeug unter Beachtung eines ca. 180 Seiten umfassenden Regelwerkes zu konstruieren, zu bauen und mit diesen Fahrzeugen gegeneinander anzutreten. Hierbei wird nicht nur die Leistung der Fahrzeuge auf der Rennstrecke bewertet, sondern auch die Konstruktion an sich, der Businessplan, die Kostenkalkulation und die Effizienz des Fahrzeugs. Die beteiligten Studierenden, unabhängig von Studiengang und Studienfortschritt, erhalten innerhalb des Teams und den darin gebildeten Abteilungen die Möglichkeit, ihr vorhandenes Wissen und die persönlichen Fähigkeiten praktisch und zielorientiert einzubringen und wichtige Erfahrungen für das spätere Berufsleben zu sammeln.

Dies sind zum einen technisch-naturwissenschaftliche Aufgabenstellungen, bei denen die Studierenden das an der Hochschule Gelernte in die Praxis umsetzen. Darüber hinaus ergeben sich aber weitere Anforderungen und praktische Erfahrungen im Bereich interdisziplinärer Arbeitsumgebungen und sehr wichtige Erfahrungen im Bereich der Teamarbeit und Organisation. Bei der Entwicklung und dem Bau eines Rennfahrzeuges erkennt jeder Beteiligte sehr schnell, dass nur eine strukturierte Gruppe in der Lage ist, diese Aufgabe zu erfüllen. Innerhalb dieser Strukturen sammeln die Beteiligten wichtige Erfahrungen bei der Projektarbeit, der Übernahme von Verantwortung und der Pflege von Netzwerken.

Aufgabenstellungen aus der Fahrzeugentwicklung fließen dabei auch in weitere Lehrveranstaltungen und Projektarbeiten ein. Im Rahmen eines semesterübergreifenden Konstruktionsprojekts erarbeiteten Studierende aus dem 2. und 6. Semester Maschinenbau gemeinsam Lösungen für den Fahrzeugantrieb.

Die Vernetzung in der Region wird in das Projekt integriert, weil das Team auf das Wissen und die Produkte von Firmen angewiesen ist. Unter den Firmen befinden sich unter anderem Schaeffler Technologies AG & Co KG, Continental AG, Häupler, Leoni, dSPACE, Vector, Baumüller und ca. 70 weitere regionale und überregionale Unternehmen.

4. Forschungsergebnisse und Nachhaltigkeit/ Verwertung

Die Saison 2017 des Formula-Student-Rennteam Strohm und Söhne e.V. der TH Nürnberg war von einigen Neuerungen und innovativen Weiterentwicklungen geprägt.

Die Studierenden konnten die 2016 eingeführte Teamstruktur festigen. Die technischen Abteilungen sind dabei, wie seit längerem, für die einzelnen Arbeitspakete des Fahrzeugs verantwortlich. Im Bereich Organisation küm-

mern sich die Abteilungen ‚Sponsorenbetreuung‘ um die Kontakte des Teams zu den Unterstützern. Die Abteilung ‚Human Resources‘ (HR) ist für die Nachwuchsförderung und die Anwerbung neuer Teammitglieder verantwortlich. Das ‚Projektmanagement‘ koordiniert die Terminpläne für die Meilensteine der Fahrzeugentwicklung und die Rennteilnahmen. Auch in der neuen Saison vertritt eine Gesamtteamleiterin das Team.

Um der wachsenden Anzahl an Teammitgliedern und dem größer werdenden Platzbedarf gerecht zu werden, konnte das Team 2017 eine neue Werkstatt und einen Büroraum auf dem Gelände des Unternehmens Baumüller beziehen. Mit rund 200 qm ist die neue Werkstatt viermal so groß wie die alten Räumlichkeiten. Die neue Einrichtung ermöglicht es, effizienter zu arbeiten und Nacharbeiten selbst durchzuführen. Dies war unter den alten Platzverhältnissen kaum möglich. Darüber hinaus legte das Team sehr viel Wert auf die Sicherheit in der Werkstatt.

Die Werkstatt ist in drei Räume gegliedert. Dies ermöglicht eine Trennung zwischen der Mechanik und der Elektrotechnik. In dem dritten Raum fertigen die Studierenden Karosserieteile aus kohlefaserverstärktem Kunststoff (CFK). Der Raum für die Elektrotechnik hat zusätzlich einen ESD Boden, der eine Beschädigung der elektronischen Baugruppen durch elektrostatische Entladung vermeidet. Durch die Vergrößerung des Teamraumes stehen mehr Arbeitsplätze zur Verfügung. In einem separaten Raum können die Studierenden die Sponsoren empfangen. Die angrenzende Küche ermöglicht eine Teamverpflegung.

Technisch leitete das Team vor allem im Bereich der fahrzeuginternen Kommunikation entscheidende Entwicklungen ein. Die Studierenden entwickelten ein CAN-Bus-System mit innovativen Sensordatenknoten für das Fahrzeug weiter und implementierten es erfolgreich. Besonders hervorzuheben ist dabei vor allem ein CAN-Bootloader. Dieser ermöglicht es, sämtliche Microcontroller über CAN neu zu ‚flashen‘ (programmieren). Damit sparen die Studierenden wertvolle Zeit bei der Anpassung der Systeme. Auch das selbstentwickelte Batterie-Management-System verbesserte das Team weiter und erweiterte es um neue Funktionen.

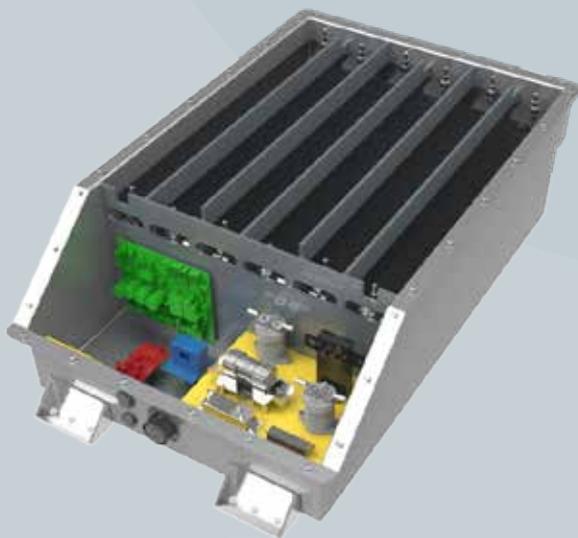


Abbildung 1: Akkumulator NoRa 5; Foto: StrOHM + Söhne

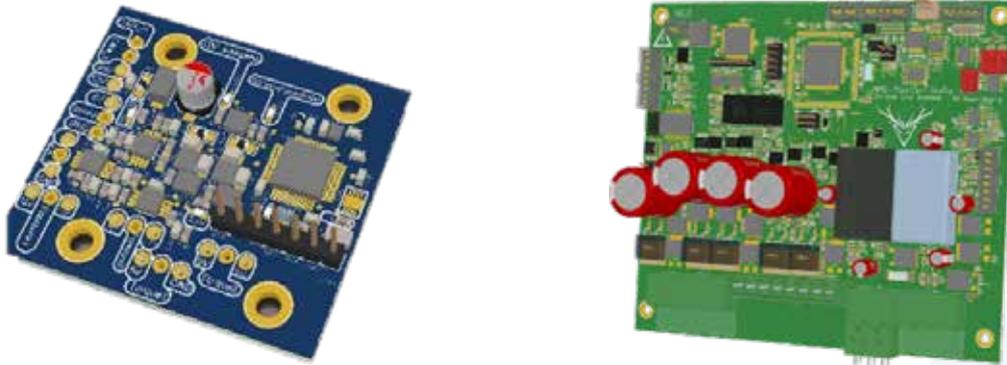


Abbildung 2: selbstentwickelte Elektronik NoRa 5; Foto: StrOHM + Söhne

Hinzugekommen ist die Entwicklung des sogenannten „Torque Vectoring“. Dieses ermöglicht eine radindividuelle Drehmomentverteilung. Das führt zu einer deutlichen Steigerung der Fahrzeugdynamik vor allem in Kurven und sorgt gleichzeitig für mehr Stabilität.

Im Bereich der Mechanik erarbeiteten die Studierenden ein neues Chassis Konzept in Aluminiumsandwichbauweise. Um dieses Konzept reglementkonform auszuarbeiten und den SES (Structural Equivalency Spreadsheet) zu bestehen, führten die Studierenden diverse Versuche und Simulationen in den Laboren der Hochschule durch. Die Ergebnisse der Messungen waren sehr positiv, so dass das Team das neue Chassis-Konzept in der Saison 2018 einsetzen konnte. Neben den Messungen hat dabei auch die Auswertung und Dokumentation der Ergebnisse eine hohe Bedeutung. Die Abbildung 3 zeigt exemplarisch den Prüfaufbau eines Ausreißversuchs. Hier ermittelten die Studierenden die übertragbare Kraft der Sicherheitsgurtbefestigung an einem Strukturteil. In Abbildung 4 ist der Kraft-Weg-Verlauf dieses Versuchs dargestellt.



Abbildung 3: Ausreißversuche NoRa 5; Foto: StrOHM + Söhne

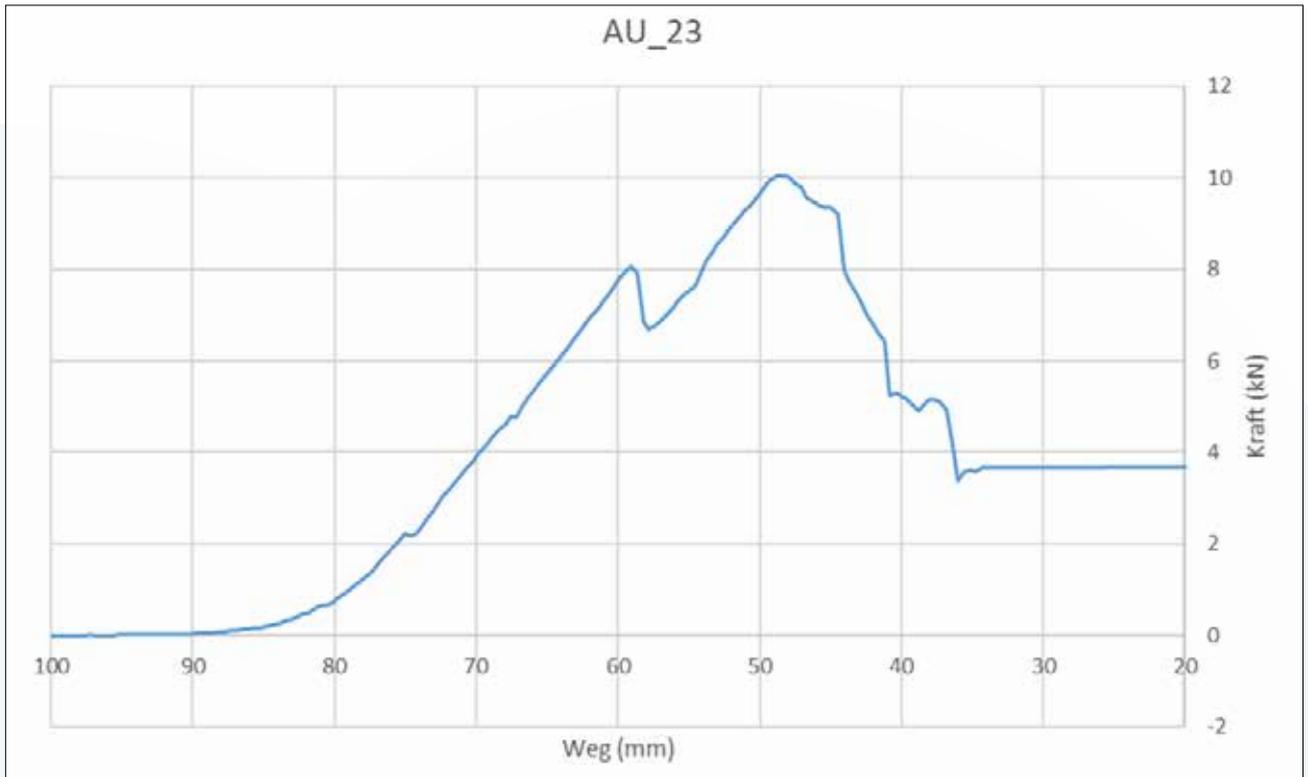


Abbildung 4: Auswertung Ausreißversuch NoRa 5; Grafik: StrOHM + Söhne

Parallel arbeitete die Abteilung „Composites“ an einem Container für die Traktionsbatterie aus CFK-Sandwich. Da auch der Container ein sicherheitsrelevantes Bauteil ist, stellt das Reglements diverse Anforderungen daran. So musste das Team auch hier entsprechende Versuche durchführen.

Vorrangiges Ziel des Chassis-Konzepts und des Containers in CFK-Sandwichbauweise war die Gewichtsoptimierung dieser Baugruppen. Zusätzlich ermöglicht ein Chassis in dieser neuen Bauweise eine wesentlich freiere Anbindung des Fahrwerks an das Fahrzeug. So entwickelten die Studierenden innerhalb der Abteilung „Fahrwerk“ komplexe Simulationen, die das Fahrverhalten der vorhandenen und ausgiebig getesteten NoRa4 mit der zukünftigen NoRa5 vergleichen kann. Schon in der Konzeptphase konnten die Studierenden das Simulationsmodell nutzen, um Konzeptüberlegungen aus fahrdynamischer Sicht zu beurteilen.



Abbildung 5: Scherversuche NoRa 5; Foto: StrOHM + Söhne

Im Rahmen der Formula Student Electric nahm das Team der Hochschule in der Saison 2017 an einer großen Veranstaltung teil. Das von der Firma ZF organisierte „ZF Racecamp“ in Friedrichshafen dient der Vorbereitung der internationalen Wettbewerbe. Hier bietet sich die Möglichkeit, mit den Teams der anderen Hochschulen in Kontakt zu treten und die Entwicklungen im wettbewerbsähnlichem Umfeld zu prüfen.

Die im Rahmen der Lehrforschung bereitgestellten Mittel standen dem Team komplett zur Verfügung. Die Mittel verwendete das Team für Fahrzeugkomponenten (u. a. Aluminiumwaben, Dämpfer, etc.), aber auch für die Ausstattung der Werkstatt und Ausrüstung des Teamraumes.

5. Fazit und Ausblick

Der Projektleiter stellt fest, dass sich das Projekt Formula Student sehr erfolgreich weiterentwickelt. Erfreulich dabei ist der Zuwachs an Mitgliedern und auch die zunehmende Beteiligung der Studierenden verschiedener Fakultäten. Zwischen den jeweiligen Fahrzeuggenerationen ist eine stetige technische Verbesserung erkennbar. Bemerkenswert ist dabei, dass die Studierenden hier gerade Entwicklungsthemen bearbeiten, die auch in der Fahrzeugindustrie eine hohe Aktualität aufweisen.

Die sich beteiligenden Studierenden haben dabei vielfältige Möglichkeiten, wichtige Erfahrungen zu sammeln und das theoretische Wissen der Lehrveranstaltungen praxisnah, interdisziplinär und vertiefend anzuwenden. Der Kontakt zwischen Studierenden und der Wirtschaft wird dabei ebenso gefördert wie die Präsenz der Hochschule in der Öffentlichkeit und in den Unternehmen.

Die Formula Student Electric liefert dabei ein spannendes, motivierendes und internationales Umfeld. Das Team der TH Nürnberg ist ein sichtbarer und wertvoller Bestandteil der Hochschule und soll dies auch in Zukunft weiterhin bleiben, damit die Studierenden die Möglichkeit haben, in ihrer Freizeit das angelernte Wissen zu vertiefen und weiter auszubauen.









Alte Geräte – Neues Wissen

Prof. Dr. Bruno Hauer
Prof. Dr. Beatrice Dernbach
Fakultät Angewandte Mathematik, Physik und Allgemeinwissenschaften
TH Nürnberg
Matthias Murko
Ehemaliger Leiter des Museums Industriekultur

Diese Lehrveranstaltung richtet sich an die Studierenden des Studiengangs Technikjournalismus/Technik-PR ab dem 5. Semester. Ihre Aufgabe ist es, Zweck, Funktionsweise und historische Einordnung von mechanischen und elektrischen Geräten zu erforschen, die aus dem Gerätearchiv der Hochschule und dem Fundus des Museums Industriekultur stammen. Die Studierenden haben den Geräteaufbau und die Funktion unter technischen, ökonomischen und sozial-kulturellen Aspekten untersucht, dafür in Archiven, in Museen, in der Literatur sowie im Internet recherchiert und sich dazu persönliche Quellen, beispielweise Experten, erschlossen.

Wesentliche Projektziele Das Ergebnis der studentischen Forschungsarbeiten ist ein Steckbrief des jeweiligen Gerätes, in dem die Studierenden die wesentlichen Informationen systematisch zusammengestellt haben. Die Ergebnisse haben sie zudem in einer Artikelserie für die Plattform „Querschrift“ des Studiengangs aufbereitet. Dabei haben die Studierenden auch den kreativen Umgang mit journalistischen Darstellungsformen eingeübt. Aus offen gebliebenen Fragen haben sie Ausgangspunkte für weiterführende Arbeiten entwickelt. Forschende Recherchearbeiten, Überlegungen zur technischen Gerätefunktion und deren verständliche Vermittlung in journalistischen Beiträgen ergänzen einander in einer innovativen didaktischen Form.

1. Projektdaten

Fördersumme	6.850 Euro
Laufzeit	September bis Dezember 2017
Fakultät / Institut / Kompetenzzentrum	Fakultät Angewandte Mathematik, Physik und Allgemeinwissenschaften (AMP)
Projektleitung	Prof. Dr. Bruno Hauer
Kontaktdaten	E-Mail: bruno.hauer@th-nuernberg.de

2. Ausgangslage und Ziele des Forschungsprojekts

Technik und ihre Entwicklung zu verstehen und die gewonnenen Erkenntnisse allgemeinverständlich zu vermitteln, ist eine zentrale Kompetenz für die Studierenden des Studiengangs Technikjournalismus/Technik-PR. Daher nehmen zahlreiche Lehrveranstaltungen zur Technik einen wesentlichen Teil im Studienplan des Studiengangs ein und auch die Technikgeschichte hat dort einen festen Platz. Die Studierenden befassten sich aber bisher noch nicht forschend mit offenen Fragen zu technischen Gegenständen und waren kaum gefordert, diese Sachkompetenz mit der technikjournalistischen Vermittlungskompetenz zu verknüpfen. Vor diesem Hintergrund bieten die Lehrenden in diesem Lehrforschungsprojekt den Studierenden eine Lehrveranstaltung mit hohem investigativen Anteil im fachwissenschaftlichen Wahlpflichtbereich (ab dem 5. Semester) an. Das Lehrforschungsprojekt zählt als fachwissenschaftliches Wahlpflichtfach im Bereich „Technik und Gesellschaft“.

Die Studierenden erforschen Zweck, Funktionsweise und historische Einordnung von Geräten, die zum Inventar des Hochschularchivs oder auch zum Fundus des Kooperationspartners Museum Industriekultur gehören.

Das können mechanische oder elektrische Geräte oder auch ältere Computer sein (siehe 3.1). Die Forschung beruht auf der Betrachtung des Geräteaufbaus, auf Recherchen in Archiven, in der Literatur und im Internet sowie auf Befragungen von Experten. Durch die Einbeziehung von Zeitzeugen stärken die Studierenden die Nachhaltigkeit des Wissens sowie ihre journalistische Recherche- und Vermittlungskompetenzen. Insgesamt verbindet das Projekt investigative Elemente der historischen Forschung mit journalistischer Arbeit und naturwissenschaftlich-technischen Kenntnissen. Dafür gibt es bisher im Feld der Technikkommunikation bzw. des Technikjournalismus keine Vorbilder. Die Berichterstattung über Technik fokussiert nahezu ausschließlich auf der service- und ratgeberorientierten Vermittlung von technischen Fakten. Die historische Betrachtung findet bis dato keinen Platz. Warum wurde welches Gerät zu genau dieser Zeit erfunden? Welche Funktion hatte es in der jeweiligen Gesellschaft zu erfüllen? Wird die Funktion fortgesetzt und wie geschieht das? Dabei sind diese Erkenntnisse und Perspektiven auch für den aktuellen Technikjournalismus – sowohl in populären als auch in Fachmedien – gewinnbringend. Sowohl der Publizist als auch die Rezipientinnen und Rezipienten erhalten dadurch ein Bewusstsein für die Technikgeschichte und den ökonomischen und kulturellen Kontext technischer Entwicklungen.

Die Konzeption der Lehrveranstaltung als Lehrforschung stärkt und vervollständigt die Kompetenzen der Studierenden in mehrfacher Hinsicht:

- Sie erweitern ihre Kenntnisse der Recherchemöglichkeiten sowohl in wissenschaftlicher als auch journalistischer Hinsicht, z.B. in Form der Erschließung von Archiven oder die Nutzung von spezifischen Wissensträgern wie Sammlervereinigungen.
- Sie entwickeln in der aktiven Untersuchung eines alten Geräts ein weitergehendes Verständnis seiner technischen Funktionsweise und damit beispielhaft einen tieferen Zugang zu Technik allgemein.
- Sie betrachten die Geräte in ihrem historischen Kontext aus verschiedenen Perspektiven und ordnen sie entsprechend ein, was ein umfassendes Verständnis der Bedeutung von technischen Geräten fördert.
- Sie stellen die erworbenen Kenntnisse in einem Artikel dar, was in diesem Kontext die kreative Umsetzung journalistischer Darstellungsformen fördert.
- Sie lernen Erfolg und Misserfolg von Forschung kennen und machen wesentliche Erfahrungen im Hinblick auf Hartnäckigkeit, Genauigkeit und Fantasie in der Verfolgung offener Fragen.

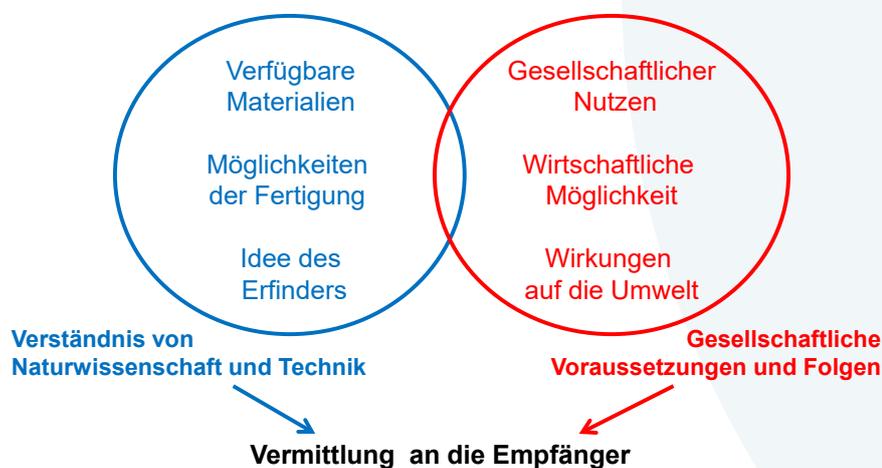


Abbildung 1: Technikjournalistinnen und -journalisten als Erforscher und Vermittler von naturwissenschaftlich-technischen und gesellschaftlichen Aspekten von Technik. Grafik: Bruno Hauer

3. Herangehensweise und Lehrkontext

Der Projektablauf gliedert sich in sechs Schritte:

1. Zur Vorbereitung des Lehrforschungsprojekts haben zwei studentische Hilfskräfte unter Anleitung von Prof. Dr. Bruno Hauer Geräte im Archiv der Hochschule inventarisiert: Sie haben die Daten auf den Geräten notiert und die Geräte fotografiert und vermaßt. Dabei wählten sie im Voraus unter der Mitwirkung von Prof. Dr. Ekkehard Wagner, dem ehemaligen Leiter des TH-Archivs, für das Projekt besonders interessant erscheinende Geräte aus. Parallel besprach das Projektteam in Sitzungen die vom Leiter des Museums Industriekultur, Matthias Murko, ausgewählten Geräte aus dem Fundus des Museums. Diese Vorauswahl an Geräten sortierte das Projektteam in einer Liste, die im ersten Block (siehe 2.) den Studierenden vorgelegt wurde.
2. In der ersten Blockveranstaltung stellten die Lehrenden die Aufgabe vor, die Darstellung der Idee, des Lernziels und der Prüfungsleistung. Sie zeigten an einem Gerätebeispiel (mechanischer Handmixer) die prinzipielle Vorgehensweise und die zu behandelnden Aspekte. Letztere umfassen sowohl die technischen Grundlagen von der Idee bis zur Fertigung als auch die gesellschaftlichen Voraussetzungen und Folgen, vom gesellschaftlichen Nutzen bis zu den wirtschaftlichen Möglichkeiten. Diese Aspekte sind die wesentlichen Inhalte des Steckbriefs, den die Studierenden im Laufe des Projekts erstellt haben. Dieser enthält neben der Beschreibung des Geräts und seiner Funktionsweise eine Einordnung in seinen historischen Kontext. Zudem haben die Studierenden mit dem Museum Industriekultur und dem Gerätearchiv der TH Nürnberg die beiden Sammlungen kennengelernt, aus denen die zu erforschenden Geräte stammen. Die Studierenden haben in Diskussionen von den jeweiligen Betreuerinnen und Betreuern der Sammlungen erfahren, wie die Arbeitsweisen in Sammlungen und Museen aussehen. Aus der Vorauswahl konnten die Studierenden abschließend jeweils ein Gerät auswählen, das sie erforschen wollen. Unter diesen Geräten finden sich u. a. solche aus dem Bereich der Mobilität (z. B. ein frühes Motorrad von 1895, Reibrad- und Zweitaktmotor), frühe Schreib- und Buchungsmaschinen, ein aus der Hochschule stammender Großcomputer Zuse Z 23 sowie der Computer Apple II, elektrische und mechanische Haushaltsgeräte wie eine Kaffeemaschine und der erste Waschvollautomat.



Abbildung 2: Blick in einen im Museum Industriekultur ausgestellten Reibradmotor, den die Nürnberger Firma Maurer hergestellt hat und der eine stufenlose Einstellung der Übersetzung erlaubt. Foto: A. Straubinger

3. In einer rund einmonatigen Recherchephase haben die Studierenden auf verschiedenen Wegen Informationen recherchiert. Das Projektteam der Hochschule und Matthias Murko, der langjährige Leiter des Museums Industriekultur, haben sie dabei begleitet und unterstützt. Eine Exkursion in das Archiv und die Bibliothek des Deutschen Museums in München, die exklusive Recherchemöglichkeiten bieten, hat den Studierenden zum Beispiel anhand von Originaldokumenten neue Einblicke und Erkenntnisse verschafft.
4. In einer zweiten gemeinsamen Blockveranstaltung haben die Studierenden die bis dahin erzielten Ergebnisse vorgestellt. Die 16 Teilnehmerinnen und Teilnehmer dokumentierten dabei nicht nur die Daten und Fakten des Gerätesteckbriefs, sondern präsentierten mittels Screenshots von Original-Bedienungsanleitungen oder eigens inszenierten Fotos die ökonomischen und sozial-kulturellen Kontexte. Da es sich weitgehend um Produkte von Firmen aus dem Raum Nürnberg handelt (wie Zündapp, Triumph, Maurer und Grundig), trägt das Seminar zu einer Aufarbeitung Nürnberger Industriegeschichte bei.



Abbildung 3: Inszeniertes Foto zum Thema „Schreib- und Buchungsmaschine Triumph Duofix“. Foto A. Knauer

5. Nach den jeweils etwa 45-minütigen Präsentationen und Diskussionen gehen die Projektteilnehmerinnen und -teilnehmer in die letzte abschließende Recherchephase. Dabei haben sie offene Fragen geklärt, Details nachrecherchiert sowie das Material im Hinblick auf den für den journalistischen Beitrag zu setzenden Fokus geordnet und selektiert.
6. In der dritten und letzten Blockveranstaltung haben die Lehrenden die Studierenden mit den Möglichkeiten kreativen Schreibens vertraut gemacht. Als Technikjournalistinnen und -journalisten sind sie gefordert, einen informativen, sachgerechten und verständlichen Text zu schreiben, der auch unterhalten darf. Das Gerüst dafür bilden die für den Gerätesteckbrief recherchierten Informationen. Die verschriftlichte Geschichte (über ein Gerät, das es heute nur noch im Museum zu besichtigen gibt) konnten die Studierenden mithilfe einer Protagonistin oder eines Protagonisten (Erfinderin oder Erfinder, Anwenderin oder Anwender, Expertin oder Experte) darstellen. Alternativ konnten sie aber auch die Verwendung des Geräts (der AEG-Lavamat als neues Haushaltsmitglied) synchron (innerhalb eines Zeitraums) oder diachron (über mehrere Jahre hinweg) erzählen.

Zulässig sind dabei auch fiktionale Elemente (wie zum Beispiel ein Interview mit dem verstorbenen Konstrukteur), die jedoch einer Überprüfung auf der Sachebene standhalten müssen.

Bei der Durchführung der Lehrveranstaltung spielen weitere Aspekte eine wichtige Rolle:

- die interdisziplinäre Betreuung des Projekts, in dem mit einem Museumsleiter, einem Naturwissenschaftler und einer Sozialwissenschaftlerin und Redakteurin die verschiedenen Facetten rund um die technischen Geräte und die journalistische Umsetzung der Ergebnisse in einer sich hervorragend ergänzenden Weise behandelt werden;
- die kombinierte Arbeit mit Geräten der Hochschule und des Museums Industriekultur, die neben der Vernetzung der Expertisen auch eine Vernetzung der Hochschule mit dem Museum als einer städtischen Institution fördert;
- ein parallel durchgeführtes Lehrforschungsprojekt mit dem Museum für Kommunikation, das die gegenseitige Übernahme von (v.a. didaktischen) Erfahrungen aus beiden Projekten erlaubt;

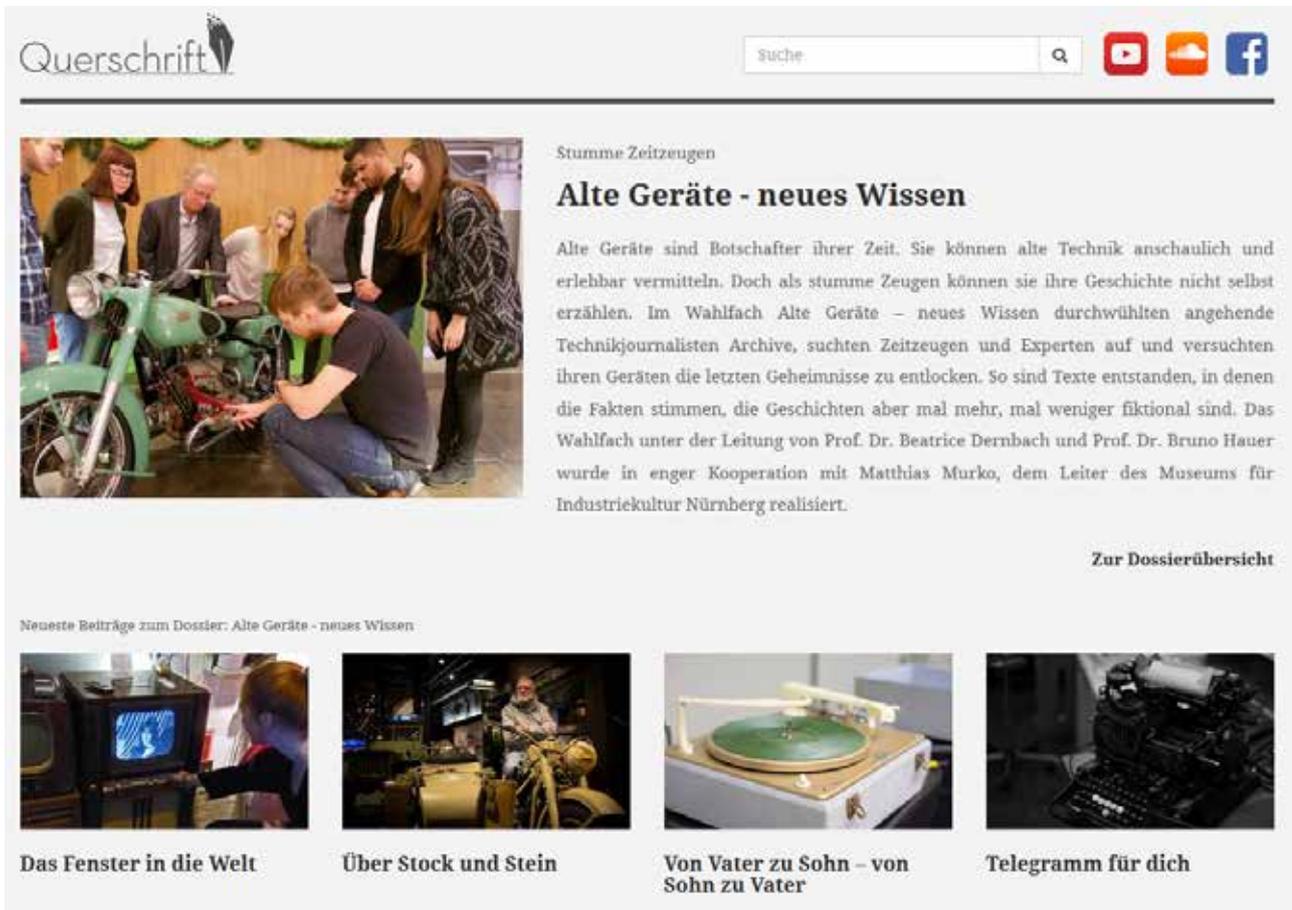
4. Forschungsergebnisse und Nachhaltigkeit / Verwertung

Die Forschungsergebnisse haben die Studierenden in einem Gerätesteckbrief gebündelt (gesammelt und archivierte im Moodle-Kurs) und darauf aufbauend in einem journalistischen Artikel verarbeitet. Schon die Zwischenergebnisse zeigten, dass die Studierenden in den meisten Fällen die wesentlichen Informationen, die in dem Gerätesteckbrief enthalten sein sollen, ermitteln konnten. Allerdings wird in Einzelfällen offenkundig, dass eine schwierige Quellenlage eine vollständige Erstellung des Gerätesteckbriefs erschwert. So konnte beispielsweise ein Motorrad aus dem Ende des 19. Jahrhunderts nur teilweise historisch eingeordnet werden, da es als Einzelstück kaum bekannt und dokumentiert ist. Andererseits wurde mit dem Computer Zuse Z 23 ein Gerät untersucht, zu dem im Firmenarchiv der Firma Zuse, das im Deutschen Museum aufbewahrt wird, eine geradezu erdrückende Fülle von Dokumenten existiert, die eine effiziente Unterscheidung von wesentlichen und unwesentlichen Informationen erforderte.

Es ergaben sich auch unerwartete Resultate: So entpuppte sich ein zunächst als Lochstreifenkodierer eingeordnetes Gerät als Teil eines Feldfernsehers aus dem Zweiten Weltkrieg. Wie dieses Gerät in die Sammlung der Hochschule gelangte, kann bis dato nicht erklärt werden. Dies gilt auch für einen zweiten Ringkernspeicher für den Computer Zuse Z 23 im Bestand der Hochschule; normalerweise wurde der Rechner nur mit einem Speicher betrieben.

5. Fazit und Ausblick

Die Ergebnisse wurden auf der TJ-Plattform Querschrift (www.querschrift.de) veröffentlicht (siehe Screenshot der Dossierseite <http://querschrift.de/category/alte-geraete-neues-wissen/>).



The screenshot shows the Querschrift website interface. At the top left is the logo 'Querschrift' with a stylized bird icon. To the right is a search bar with the text 'Suche' and a magnifying glass icon, followed by social media icons for YouTube, SoundCloud, and Facebook. Below the navigation bar is a main article section. On the left is a photograph of a group of people gathered around a vintage green motorcycle. To the right of the photo is the sub-header 'Stumme Zeitzeugen' and the main title 'Alte Geräte - neues Wissen'. Below the title is a paragraph of text describing the project. To the right of the text is a link 'Zur Dossierübersicht'. Below this is a section titled 'Neueste Beiträge zum Dossier: Alte Geräte - neues Wissen' which contains four small thumbnail images, each with a caption: 'Das Fenster in die Welt', 'Über Stock und Stein', 'Von Vater zu Sohn - von Sohn zu Vater', and 'Telegramm für dich'.

Abbildung 4: Screenshot der Dossierseite zum Projekt „Alte Geräte – neues Wissen“ auf der TJ-Plattform Querschrift

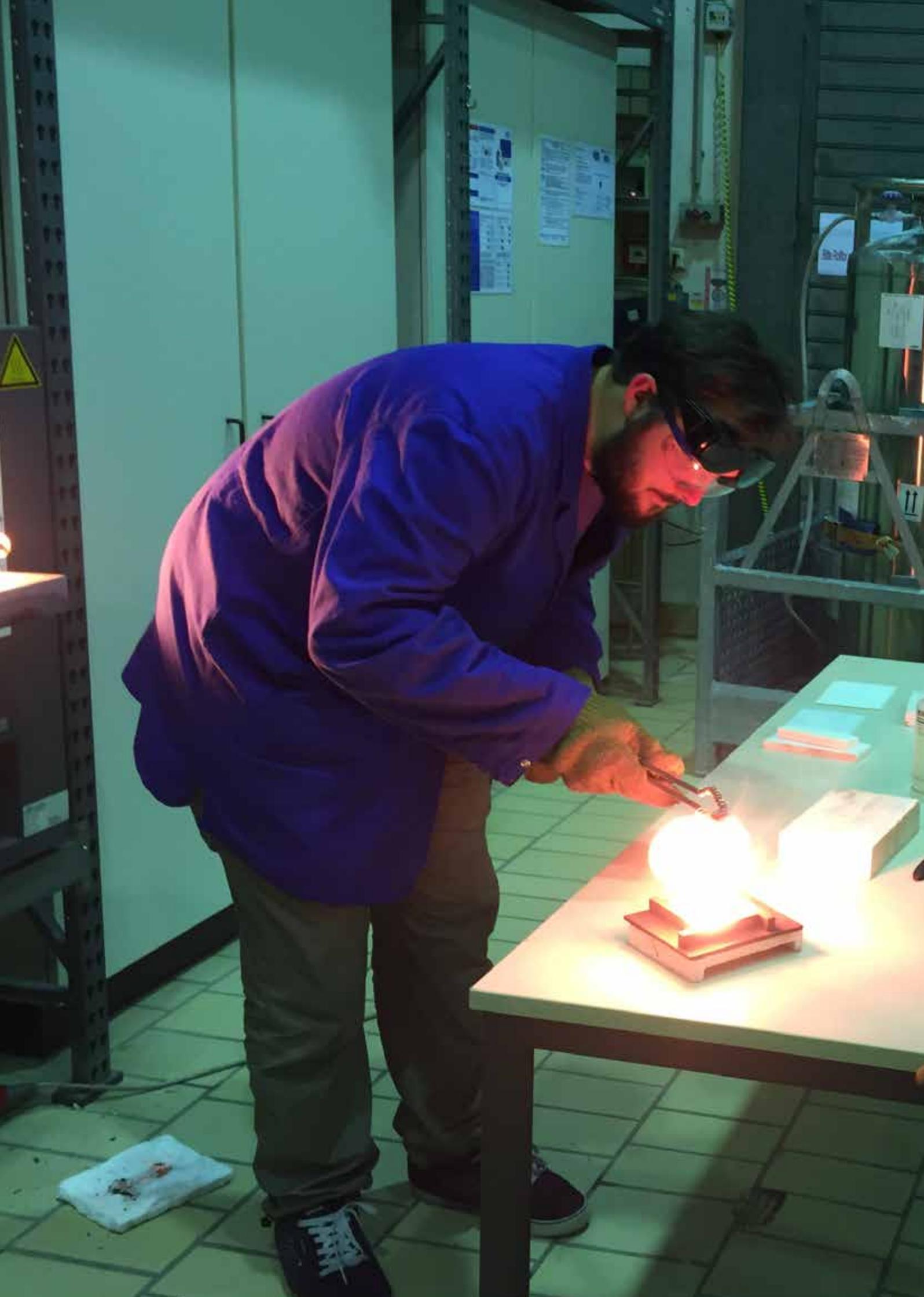
Angedacht ist, das Seminar als festen Bestandteil des Schwerpunktbereichs Technikjournalismus zu verstetigen. Die dann über einige Semester anfallenden (journalistischen) Beiträge können die Lehrenden sammeln und die Hochschule beispielweise in Form eines Magazins oder Katalogs veröffentlichen.

Darüber hinaus bietet dieser gelungene Auftakt Ansätze für weitere Forschungen auf mehreren Ebenen:

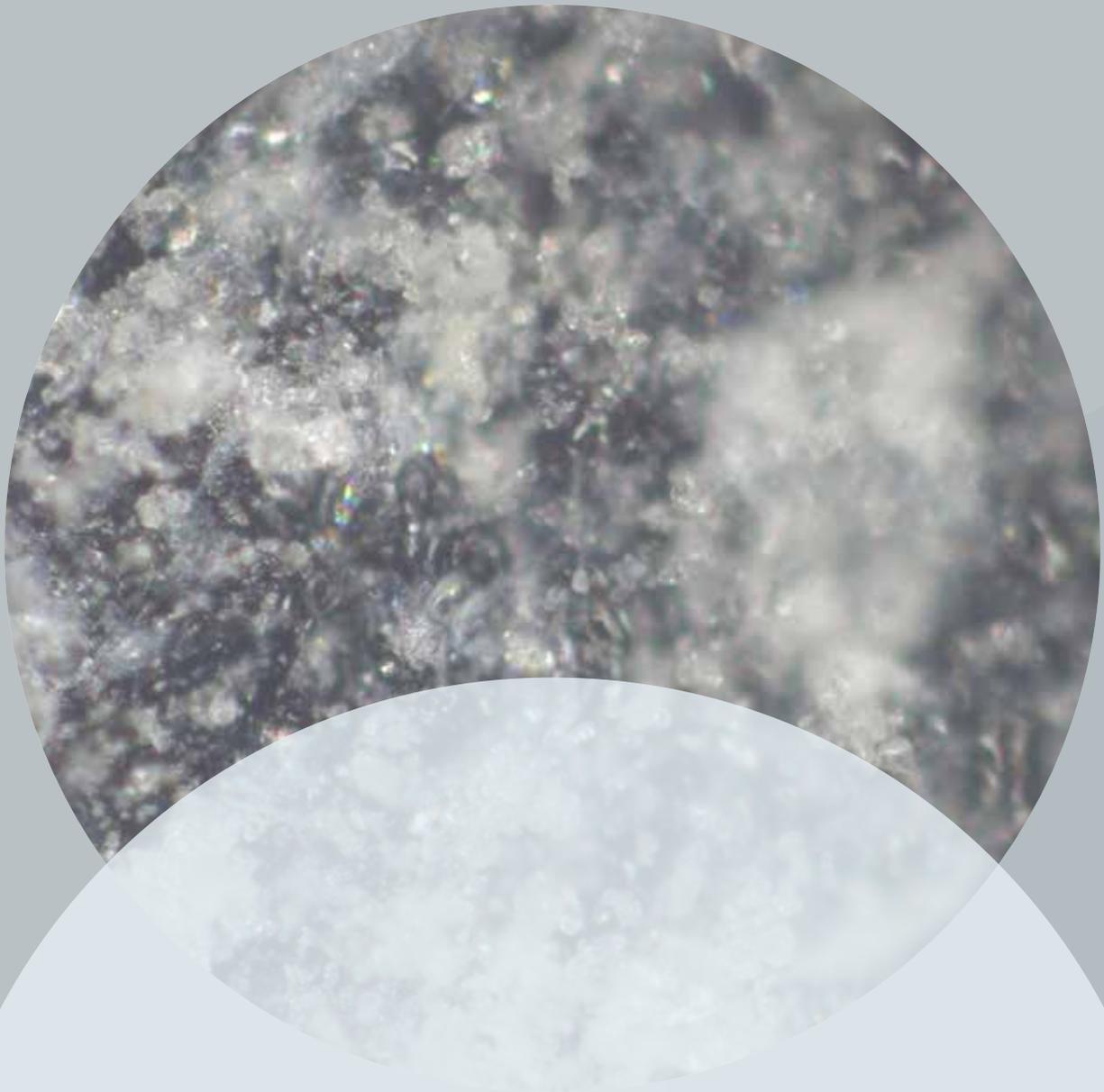
- zur Industriegeschichte Nürnbergs (anhand spezifischer Produkte das Nachvollziehen der Geschichte einzelner Unternehmen, z.B. Grundig);
- für die Technische Hochschule Nürnberg (z.B. konkret in Form der Klärung der Historie des Computers Zuse Z 23 und zur Aufarbeitung des Gerätearchivs der Hochschule, sodass langfristig auch die Ausstellung von Geräten zu entsprechenden Anlässen wie z.B. dem Jubiläum der Hochschule im Jahr 2023 möglich sind);
- sowie für die weitere Museumsarbeit bzw. die Kooperation zwischen Museen und Hochschule in Forschung und Lehre. Der außerhochschulische Lernort Museum und die entsprechenden Kompetenzen der jeweiligen Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, v.a. hinsichtlich der Inventarisierung der Geräte, deren Archivierung und Aufbereitung für Ausstellungen ergänzen / erweitern in idealer Weise die Kompetenzen der an der TH Nürnberg lehrenden Forscherinnen und Forscher;

Aus didaktischer Sicht vereint das Projekt die gründliche Untersuchung von Technik und ihrer Funktionsweise, die Einbettung ihrer Entwicklung in wirtschaftliche und soziale Kontexte und die Gestaltung von kreativen journalistischen Texten. Durch den Forschungsansatz liegt ein starker Fokus auf den Recherchearbeiten, die die Studierenden auch zu von ihnen bislang noch nicht genutzten Quellen z.B. in Archiven führt. Die Spannung einer offenen Forschungsfragestellung verbindet sich mit der Notwendigkeit, Frustrationen in der Recherchearbeit zu überwinden. Die Studierenden empfinden die Projektarbeit auch deswegen als interessant, weil sie in einer abwechslungsreichen Tätigkeit aus der Hochschule herauskommen und dabei z. T. Geräte behandeln, zu denen sie einen persönlichen Bezug haben.

Im Hinblick auf die publizistische Vermittlungskompetenz experimentieren die Studierenden mit den Grenzen journalistischer Darstellungsformen. Stand bisher die lehrbuchartige Umsetzung der Standardgenres Nachricht, Bericht und Feature im Zentrum der praktischen Lehre, so haben die Teilnehmer in diesem Seminar die Gemeinsamkeiten und Unterschiede literarischer und journalistischer Narration kennengelernt. Die Umsetzung stand unter der Prämisse: Die Fakten müssen stimmen, die (auch fiktionale) Erzählung darf unterhalten.







Auswirkungen von Klimaparametern auf
historische Gläser und Glasmalereien:
Untersuchungen an Modellsystemen und
Vergleich mit Befunden in der
Nürnberger Lorenzkirche

Prof. Dr. Uta Helbig
Fakultät Werkstofftechnik
TH Nürnberg

Wesentliche Projektziele

Gegenstand des Lehrforschungsprojekts war die modellhafte Untersuchung der Beständigkeit von Gipskrusten auf historischen Kirchenfenstern. Das Forschungsteam hat Glasproben nach historischem Vorbild hergestellt, auf die die Studierenden Gips (Calciumsulfat-Dihydrat) aufgetragen haben. Die Studierenden lagerten die verschiedenen Hydratproben unter kalten / feuchten oder warmen / trockenen Bedingungen und untersuchten die Veränderungen der Zusammensetzung. Das Projekt führten Bachelor-Studierende des Studiengangs Werkstofftechnik durch. Aus fachlicher Sicht ist besonders die Feststellung interessant, dass der Trocknungsprozess des Materials im Gegensatz zur Wasseraufnahme bereits nach unerwartet kurzer Zeit eintritt.

Sowohl das Thema als auch die Einbindung des Projekts in das Wahlpflichtfach „Einführung in das wissenschaftliche Arbeiten“ haben die Studierenden sehr gut angenommen. Besonders der interdisziplinäre Ansatz und die Mitarbeit in einer Arbeitsgruppe haben sie positiv wahrgenommen.

1. Projektdaten

Fördersumme	4.780 Euro
Laufzeit	Mai bis Dezember 2017
Fakultät / Institut / Kompetenzzentrum	Fakultät Werkstofftechnik
Projektleitung	Prof. Dr. Uta Helbig
Kontaktdaten	E-Mail: uta.helbig@th-nuernberg.de

2. Ausgangslage

Die Inhalte des Projekts sind im Bereich des Kulturgüterschutzes angesiedelt. Es geht bei den durchgeführten Untersuchungen um die sogenannte präventive Konservierung. Das heißt, die Umgebungsbedingungen für schützenswerte Objekte sollen so gestaltet werden, dass die Zerstörung durch Umwelteinflüsse so lange wie möglich aufgehalten wird.

Gegenstand der Untersuchungen waren Modellsysteme, die das Verhalten des sogenannten Wettersteins auf historischen Kirchenfenstern nachstellen. Der wesentliche Bestandteil des Wettersteins ist Calciumsulfat, das die Fähigkeit hat, Wassermoleküle in das Kristallgitter einzubauen. Die für die Aufnahme oder Abgabe von Wasser verantwortlichen Randbedingungen sind Luftfeuchte und Temperatur. Aus diesem Grund wird als präventive Konservierungsmaßnahme die Klimatisierung der Glasmalereien innerhalb eines bestimmten Wertebereichs vorgeschlagen.

Bereits im vergangenen Jahr konnte Prof. Dr. Uta Helbig gemeinsam mit ihren Studierenden zu diesem Thema ein Lehrforschungsprojekt in der Fakultät Werkstofftechnik erfolgreich durchführen. Die Untersuchungen hatten ergeben, dass besonders heiße und trockene Umgebungsbedingungen für die Ablagerungen und die betroffene Oberfläche kritisch sind. Ausgehend von diesen Befunden sollte das Forschungsteam im diesjährigen Projekt den Einfluss der Umgebungsbedingungen in Abhängigkeit der Dauer untersuchen.

3. Herangehensweise und Lehrkontext

Zur Untersuchung der oben beschriebenen Problemstellungen nutzt man gängige Methoden und Prüfverfahren der Werkstoffkunde. Die Studierenden der höheren Bachelor-Semester verfügen bereits über die notwendigen Grundkenntnisse, um die erforderlichen Experimente und Messmethoden selbst planen und durchführen zu können. Das Thema des Projekts wurde in das Wahlpflichtfach „Einführung in das wissenschaftliche Arbeiten“ einbezogen. In diesem Rahmen hatten die Studierenden die Aufgabe, jeweils eigene Teilprojekte in Abstimmung mit den übrigen Teilnehmerinnen und Teilnehmern zu identifizieren, zu planen und durchzuführen. Die dabei erworbene Kompetenz umfasst die Literaturrecherche, das Erstellen eines Versuchsplans, das Durchführen der Experimente und schließlich das Erstellen eines Berichts.

4. Forschungsergebnisse und Nachhaltigkeit / Verwertung

Teilprojekt 1: Herstellung von Modellgläsern nach historischem Vorbild

Um die Auswirkung von Wettersteinbildung unter Bedingungen zu untersuchen, die möglichst nah an der historischen Situation sind, sollten die Studierenden Gläser mit „historischer“ Zusammensetzung herstellen. Die wesentlichen Unterschiede zu heute üblichen Zusammensetzungen ist dabei der geringere Anteil an Siliziumdioxid. Beispielhafte Zusammensetzungen sind in Tabelle 1 enthalten.

Die Synthese des Glases umfasst das Einwiegen der Ausgangsstoffe, das Homogenisieren und das Schmelzen der Ausgangsstoffe bei 1450 °C für 10 h. Danach erfolgt das schnelle Ausgießen des geschmolzenen Glases in Metallformen (siehe Abbildung 1).



Abbildung 1: Ausgießen des geschmolzenen Glases;
Foto: Fakultät Werkstofftechnik



Abbildung 2: Modellglasbarren mit deutlich erkennbaren Gaseinschlüssen;
Foto: Luca Fürst

Tabelle 1: Zusammensetzungen der Gläser

Glasbestandteile	Gew.-% (modernes Glas)	Gew.-% (typische mittelalterliche Zusammensetzung)
SiO ₂	74	62
Na ₂ O	16	22
CaO	10	16

Es entstehen so Probekörper in Form von Barren. Die hergestellten Proben enthielten aufgrund des nicht optimierten Schmelzprogramms noch Blasen im Glas (siehe Abbildung 2). Das Problem könnte durch Zugabe eines Läutermittels behoben werden, das würde aber die Zusammensetzung des Glases verändern. Aus diesem Grund haben die Studierenden die Zusammensetzung beibehalten und nur das Schmelzprogramm entsprechend angepasst.

Anschließend haben sie die Proben in Scheiben von 4-8 mm Dicke gesägt und eine Gipsschicht als Modell für entstandene Korrosionsprodukte aufgetragen.



Abbildung 3: Lichtmikroskopie-Aufnahme der aufgetragenen und ausgelegerten Gipsschicht; Foto: Luca Fürst

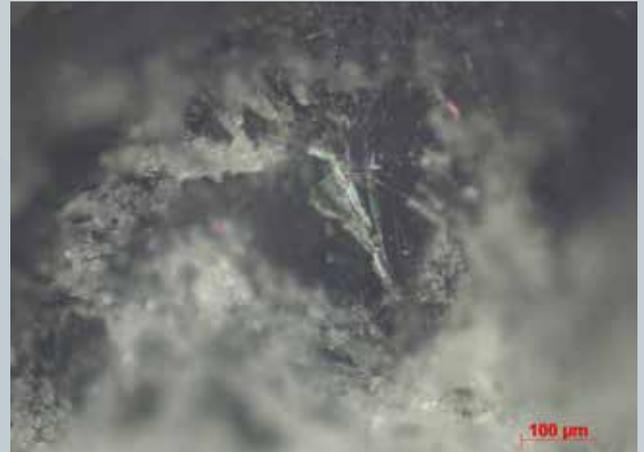


Abbildung 4: Aufgetragene Gipsschicht an einer Bruchkante des Glassubstrats (Lichtmikroskop); Foto: Luca Fürst

Teilprojekt 2: Auslagern von Calciumsulfatproben unter verschiedenen Umgebungsbedingungen

Als Modell für Korrosionsprodukte haben die Studierenden kommerziell erworbenes Calciumsulfat-Dihydrat (Gips) in Form einer Suspension auf Glassubstrate aufgetragen und unter verschiedenen Bedingungen ausgelagert. Anschließend haben die Projektteilnehmerinnen und -teilnehmer die entstandenen Phasen mit Hilfe der Röntgenbeugung untersucht. Ziel der Untersuchungen war es, festzustellen, ob Calciumsulfat-Dihydrat unter den gegebenen Bedingungen in das Halbhydrat umwandelt beziehungsweise ob als Ausgangspunkt vorliegendes Halbhydrat („Bassanit“) Wasser aus der Umgebung aufnimmt und zu Dihydrat wird.

Die unterschiedlichen Umgebungsbedingungen haben die Studierenden mit Hilfe eines Trockenschanks und unter Verwendung von Salzlösungen hergestellt. Hierbei haben sie ausgenutzt, dass verschiedene Salzlösungen in ihrer Umgebung eine bestimmte konstant bleibende Luftfeuchtigkeit einstellen. Für die Modellexperimente wurden zwei Bedingungen eingestellt:

- 80 °C / trocken (12 Prozent relative Feuchte) mit Hilfe von Lithiumchlorid und
- Raumtemperatur (23 °C) / feucht (80 Prozent relative Feuchte) mit Hilfe von Kaliumchlorid

Als Ausgangspunkt wurde zunächst Gips benutzt, wie erworben („Gips unbehandelt“). Es wurde untersucht, welchen Einfluss feuchte Bedingungen unter Raumtemperatur haben.

Die Messungen ergaben, dass der kommerziell erworbene, unbehandelte Gips aus einer Mischung von Dihydrat und Halbhydrat besteht. Es ist zu erwarten, dass das Halbhydrat bei Wasserangebot in das Dihydrat umwandelt und dann in den Messungen nicht mehr nachweisbar ist. Nach zwei Tagen Versuchsdauer konnten die Stu-

dierenden jedoch noch keine Veränderung der als Nebenbestandteil vorhandenen Halbhydratphase feststellen. Am dritten Tag konnte diese Phase jedoch nicht mehr nachgewiesen werden, es wurde nur noch Dihydrat detektiert. Die Messdaten sind zusammen mit den Referenzlinien der Datenbank in Abbildung 5 dargestellt. Den Unterschied zwischen den Kurven sieht man besonders deutlich beim Beugungswinkel von etwa 15°. Bei den beiden unteren Kurven („unbehandelt“ und nach zwei Tagen) ist noch ein kleines Signal der Halbhydratphase zu erkennen, nach drei beziehungsweise acht Tagen ist es nicht mehr nachweisbar.

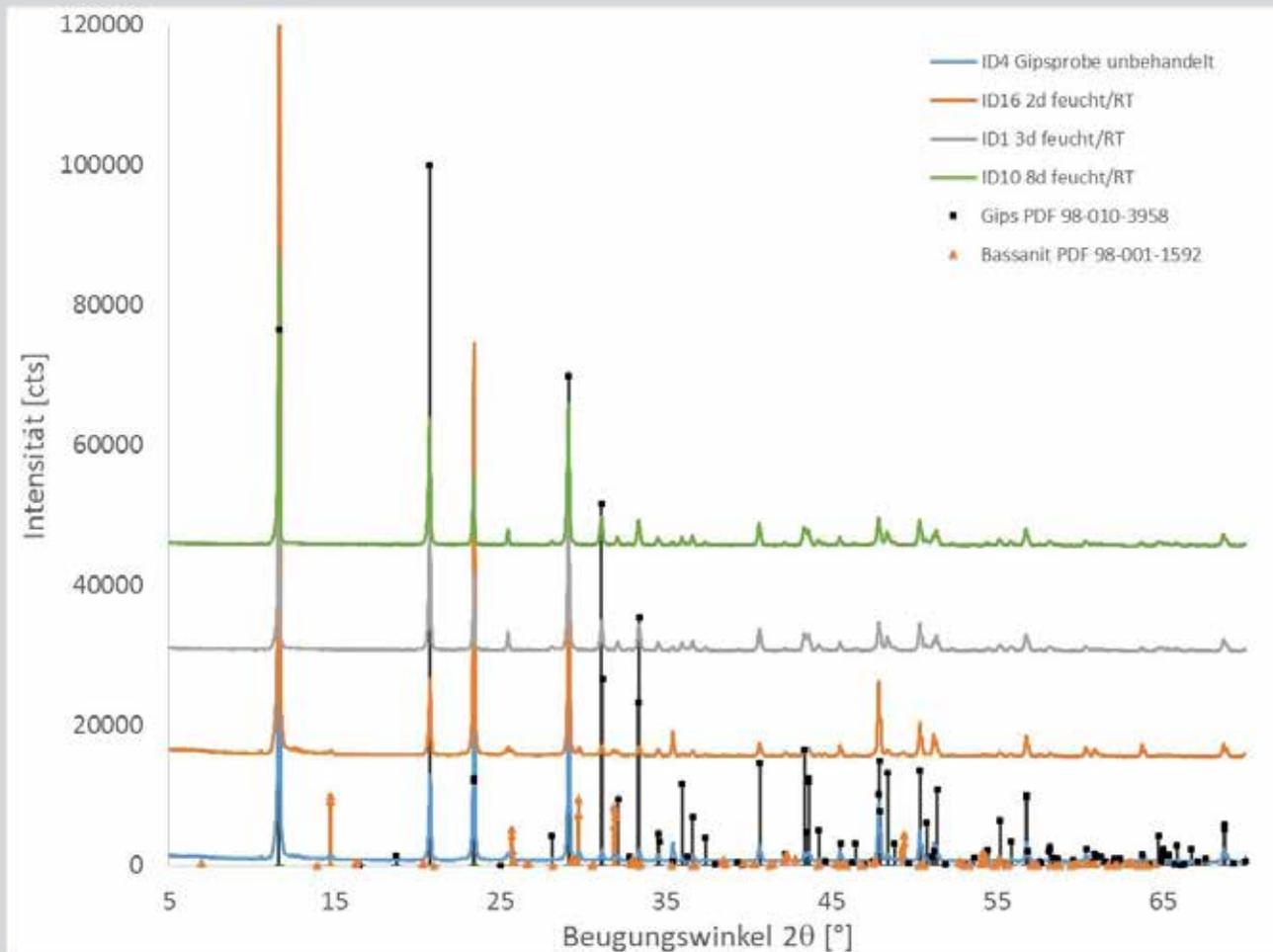


Abbildung 5: Röntgenbeugungsdiagramme der Ausgangsprobe und der ausgelagerten Proben; Grafik: Uta Helbig

Tabelle 2: Untersuchungsergebnisse des Einflusses von feuchten, kalten Bedingungen auf Gips (unbehandelt)

ID	Ausgangsmaterial	Dauer	Bedingungen	Erzielt durch	Hydratformen
4	Gips unbehandelt	-	-	-	2 + 1/2 (Referenz)
16	Gips unbehandelt	2d	23°C/feucht	KCl	2+1/2
1	Gips unbehandelt	3d	23°C/feucht	KCl	2
10	Gips unbehandelt	8d	23°C/feucht	KCl	2

Dieses Ergebnis haben die Studierenden daher an gezielt hergestelltem Bassanit, dem zu reinem Halbhydrat getrockneten Material überprüft. Die entsprechende Probe wurde ebenfalls zwei Tage lang bei Raumtempera-

tur in erhöhter Luftfeuchtigkeit ausgelagert. An dieser Probe konnte das Team keine Änderung der Hydratphase beobachten (Tabelle 3) und die Ergebnisse somit bestätigen.

Tabelle 3: Ausgangspunkt Halbhydrat, Testbedingungen: Raumtemperatur, 80 Prozent r.F.

ID	Ausgangsmaterial	Dauer	Bedingungen	Erzielt durch	Hydratformen
11	Bassanit*	-	-	-	1/2
12	Bassanit	2d	23°C/feucht	KCl	1/2

*unbehandelter Gips 8d 80°C/trocken über LiCl, reines Halbhydrat (Bassanit)

Analog zur Auslagerung unter kalten feuchten Bedingungen haben die Studierenden Experimente durchgeführt, die das Verhalten der Dihydratphase unter warmen trockenen (80 °C, 12Prozent r.F.) Verhältnissen untersuchen. Die Ergebnisse zeigen, dass hier bereits nach einer Wirkdauer von zwei Tagen erste Veränderungen eingetreten sind. Die rein qualitative Betrachtung zeigt die Veränderung noch nicht. Es sind jedoch beim Vergleich der Intensitäten der Beugungsreflexe Hinweise auf die Zunahme der Bassanitmenge zu erkennen.

Tabelle 4: Ausgangsmaterial: Gips wie erworben, Testbedingungen: 80°C, trocken

ID	Ausgangsmaterial	Dauer	Bedingungen	Erzielt durch	Hydratformen
4	Gips unbehandelt	-	-	-	2 + 1/2 (Referenz)
18	Gips unbehandelt	2d	80°C/trocken	LiCl	1/2 + 2
2	Gips unbehandelt	3d	80°C/trocken	LiCl	1/2

Es wurden daher auch hier Untersuchungen mit der einer reinen, diesmal der Dihydratphase als Ausgangsmaterial durchgeführt. Hier sind die Veränderungen deutlich zu erkennen (Tabelle 5).

Tabelle 5: Ausgangsmaterial reines Dihydrat, Testbedingungen: 80°C, trocken

ID	Ausgangsmaterial	Dauer	Bedingungen	Erzielt durch	Hydratformen
10	Feucht gelagerter Gips* (Dihydrat)	-	-	-	2 (Referenz)
21	Feucht gelagerter Gips* (Dihydrat)	2d	80°C/trocken	LiCl	1/2 + 2

*unbehandelter Gips 8d 23°C/feucht über KCl, reines Dihydrat

Im Hinblick auf die Konservierung der Glasfenster ist positiv zu vermerken, dass die Wasseraufnahme durch das Halbhydrat erst nach einer relativ langen Dauer von drei Tagen zu beobachten ist. Im Unterschied dazu verläuft die Abgabe von Hydratwasser jedoch schneller. Weiterführende Experimente müssen den genauen Zeitraum weiter eingrenzen, um abzuschätzen, ob bereits der Tag/Nachtwechsel als kritisch einzustufen ist. Die erhaltenen Ergebnisse müssen nun zusammen mit Restauratorinnen und Restauratoren weiter diskutiert werden.

5. Fazit und Ausblick

Aus den Ergebnissen kann die Projektleitung weitere Versuchsreihen ableiten. Es gilt, den Zeitraum für kritische Veränderungen weiter einzugrenzen und mit den tatsächlichen Gegebenheiten an den Originalen abzugleichen. Besonders kritisch ist das Trocknen der Gipskrusten.

Aus didaktischer Sicht ist anzumerken, dass die Studierenden den fachübergreifenden Charakter und die Teamarbeit als sehr motivierend wahrgenommen haben. Es hat sich bei der Durchführung jedoch gezeigt, dass bei einigen Studierenden Defizite im Strukturieren der Vorgehensweise und der klaren Darstellung der Ergebnisse zu verzeichnen sind. Hier wird in zukünftigen Projekten stärker auf diese Aspekte zu achten sein. Das Format des forschenden Lernens ist jedoch hervorragend geeignet, um diese Defizite aufzudecken, bewusst zu machen und Anleitungen zum zukünftigen Vorgehen zu geben.









Genesis VisionTest Objective Preferential Looking – GVT-OPL

Prof. Dr. Helmut Herold
Andreas Pazureck, M. Sc.
Michael Jank, M. Eng.
Jacob Neuser, B. Eng.

Fakultät Elektrotechnik Feinwerktechnik Informationstechnik
TH Nürnberg

Das Projekt Genesis VisionTest Objective Preferential Looking (GVT-OPL) hat zum Ziel, einen Sehtest zu entwickeln, der unabhängig der aktiven Mitwirkung einer Testperson durchführbar ist. Zur Untersuchung, ob ein solcher Sehtest realisierbar ist, leistete das Projektteam mit Unterstützung von zwei Studierenden die notwendigen

Vorarbeiten. Das Testkonzept basiert darauf, dass wahrgenommene visuelle Muster eine unbewusste Reaktion erzeugen und die Testperson den Blick auf den erkannten Stimulus ausrichtet. Kinder im Kindergartenalter könnten mit diesem neuartigen Sehtest objektiver getestet werden, da die erforderliche kognitive Verarbeitung minimiert wird.

Wesentliche Projektziele

In den Vorarbeiten führte das Team die notwendige Anbindung eines Eye-Trackers, der die Rohdaten erfasst, durch. Des Weiteren entwickelte das Projektteam adäquate Testmuster. Diese betteten die Studierenden in einen Film ein, der die Aufmerksamkeit der Probanden erregen sollte, und zeigten die Testmuster zwischen den Schnitten an. Mit dem entstandenen Prototyp führte die Projektgruppe eine Studie mit mehreren Kindergartenkindern durch. Die Ergebnisse hielt einer der Studierenden in seiner Masterarbeit fest. Im Vorfeld zu dieser Testphase erfolgte der Umzug auf ein stabileres Software Framework.

Bei den Arbeiten legte das Projektteam den Fokus auf eine austausch- und erweiterbare Software-Architektur, die bei beiden Realisierungen – für den Eye-Tracker und die Anzeige der Testmuster – in weiteren Untersuchungen evaluiert werden müssen. Das Team nutzte bekannte Designpatterns aus der Bachelorvorlesung Software-engineering.

1. Projektdaten

Fördersumme	6.450 Euro
Laufzeit	Januar bis Dezember 2017
Fakultät / Institut / Kompetenzzentrum	Fakultät Elektrotechnik Feinwerktechnik Informationstechnik
Projektleitung	Andreas Pazureck
Kontaktdaten	E-Mail: andreas.pazureck@th-nuernberg.de

2. Ausgangslage und Ziele des Forschungsprojekts

Das Forschungsprojekt Genesis VisionTest (GVT) entstand in Zusammenarbeit mit dem Bildungsinstitut für Blinde und Sehbehinderte, Frühförderung SEHEN, in Nürnberg. Das Ziel des Forschungsprojekts ist es, Spätfolgen durch schlechte Sehleistung im Kindesalter, sogenannte Amblyopien, zu minimieren. Ein wesentlicher Faktor ist, die schlechte Sehleistung möglichst früh zu erkennen. In dieser Phase kann eine geeignete Therapie die Ausentwicklung einer Amblyopie minimieren oder die Entstehung sogar gänzlich verhindern, sodass im Erwachsenenalter die volle Sehschärfe ohne Sehhilfe erreicht werden kann. Mit dem Genesis VisionTest sollen Kinder, wie auch in der Konzeptzeichnung auf Abbildung 1 dargestellt, unauffällig auf ihre erreichte Sehschärfe geprüft werden. Dies geschieht, indem die Kinder Spiele oder Filme mit versteckten Sehtests konsumieren, während der

Eye-Tracker ihre Blickpositionen aufzeichnet und auswertet. Mit einer Kamera können die Blickdaten einer Person zugeordnet werden, ohne dass weitere Daten wie der Name erforderlich sind.

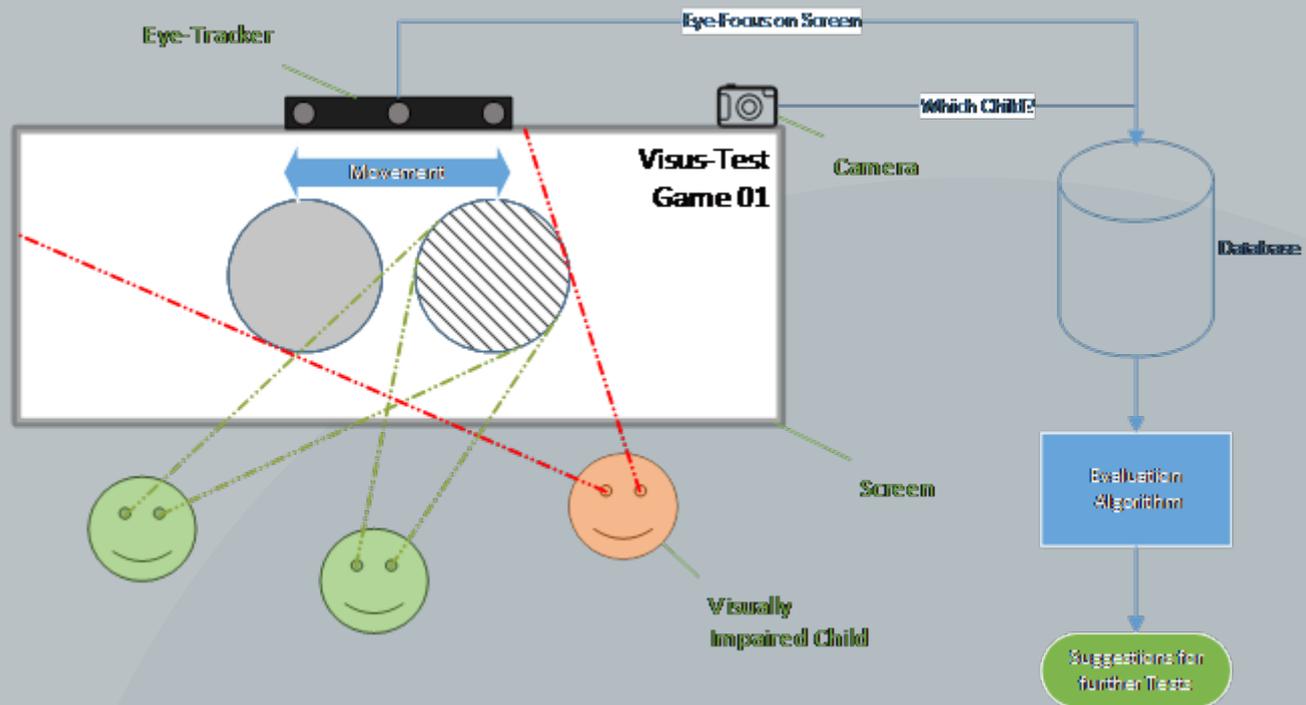


Abbildung 1: Das Gesamtkonzept „Genesis VisionTest“ umfasst spielerische Sehtests, bei denen Kinder im Alter von 2 - 6 Jahren unauffällig getestet werden sollen. Grafik: Andreas Pazureck

Das Gerät dient dabei nicht nur als Screeninggerät. Es besteht aus drei wesentlichen Pfeilern, die auch in Abbildung 2 gezeigt sind, die sich um den Gedanken spielerischer Sehtests platzieren. Das Screening ist das langfristige Ziel der Arbeit. Es soll aber auch als Forschungsinstrument in der Grundlagenforschung für kognitive Untersuchungen und für die Wahrnehmung dienen. Das Projekt GVT-OPL ist ein Bestandteil und eine Grundlage des Gesamtkonzepts: Der automatische Visusschätzer (orange markiert). Dazu muss das Projektteam einen Visus-Test entwickeln, der möglichst objektiv und robust die Sehschärfe einäugig bestimmt.

Voruntersuchungen haben ergeben, dass der Einsatz marktreifer Eye-Tracking-Lösungen nicht zielführend ist, da diese Eye-Tracker oft nur in Laborumgebungen ordentlich funktionieren. [1] Bei Kindern und in einer störanfälligeren Umgebung konnte das Projektteam keine Untersuchungen durchführen. In den Vorarbeiten sollten die Studierenden daher den bisher entwickelten Prototyp verbessern und weiterentwickeln, um verwertbare Ergebnisse zu erhalten. Die Aufgabe war, diese in einer kleinen Studie mit fünf bis zehn Testpersonen zu evaluieren. Um den Test weiter zu stabilisieren, portierte das Team die Software von einem C++ Framework auf ein C# Framework um. Dies hat den Vorteil, dass bei Fehlern das Programm nicht beendet wird und somit ein weiterer Einsatz des Programms auch im Fehlerfall gewährleistet ist. In diesem Rahmen passten die Studierenden auch die Testmuster an und erweiterten sie, sodass der Tester mehr Möglichkeiten erhält.

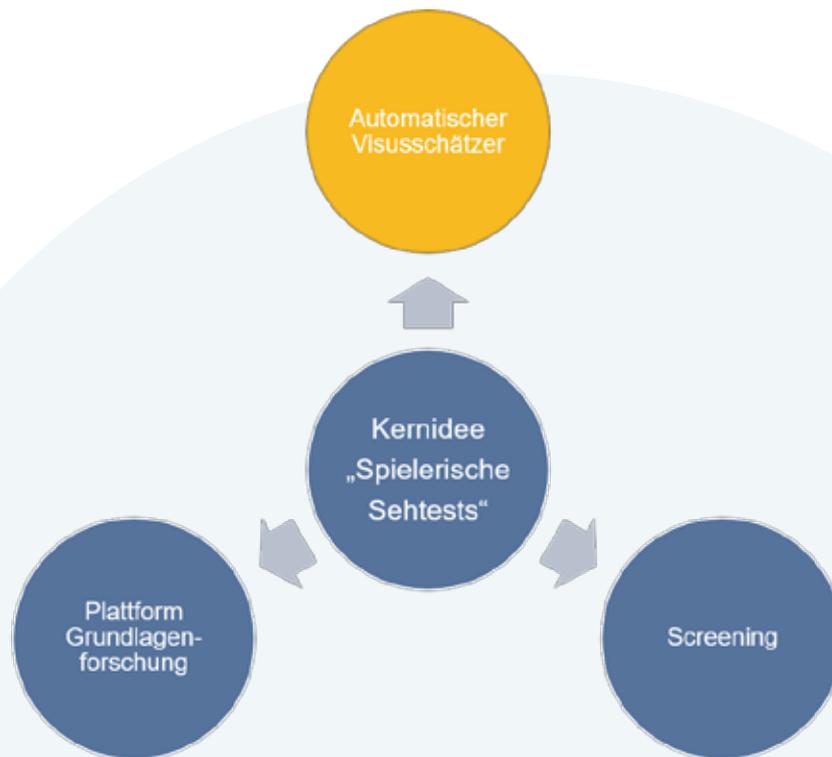


Abbildung 2: Das Konzept Genesis VisionTest hat drei wesentliche Grundpfeiler, die sich um den Gedanken des Tests als Spiel drehen. GVT-OPL beschäftigt sich dabei mit dem automatischen Visusschätzer, der auch die Grundlage für das Screening stellt. Grafik: Andreas Pazureck

3. Herangehensweise und Lehrkontext

Dieses Thema ist durch die starke Interdisziplinarität sehr weitläufig. Die Studierenden müssen sich in technische Themen (z.B. Eye-Tracking, Softwarearchitektur, C# und C++) einarbeiten und auch die anderen Themengebiete verstehen, in denen das Gerät zum Einsatz kommt. Daher sind Kenntnisse in Augenheilkunde (Ophthalmologie), Visusbestimmung und Entwicklungspsychologie nötig, um verwertbare Ergebnisse zu erzielen. Dies ist ein erheblicher Mehraufwand, der den Studierenden aber auch die Notwendigkeit zeigt, später in der Informationstechnik immer auch den Kontext zu berücksichtigen. In dem Lehrforschungsprojekt hat der Projektleiter die Abschlussarbeiten und dazugehörigen Vorarbeiten zweier Studierenden gefördert.

In der ersten Arbeit hat der Studierende einen Eye-Tracker angebunden, dessen Rohdaten er verwerten konnte und dessen Treiber von dem Forschungsteam anpassbar sind. Dabei musste das Team eine Schnittstelle zur Gesamtapplikation entwickeln, um diesen für die Anwendung nutzbar zu machen. Dafür verwendeten die Studierenden die Architektur und die Schnittstellen aus einer vorangegangenen Masterarbeit. [2]

Die konkreten Schnittstellen zeigt die Abbildung 3. Mit den Schnittstellen kann das Forschungsteam den Eye-Tracker steuern. Zum Beispiel können die Studierenden den Kalibriervorgang des Eye Trackers mittels der „Calibrate“ Methode des ICalibration Interfaces starten. Der Verwendung von Schnittstellen ermöglicht es einen anderen Eye Tracker an die Applikation anzubinden. Somit konnte der Studierende die in den Vorlesungen ‚Algorithmen und Datenstrukturen‘ sowie ‚Softwareengineering‘ erworbenen Kenntnisse praktisch in die Tat umsetzen und die Software Architektur entsprechend entwickeln.

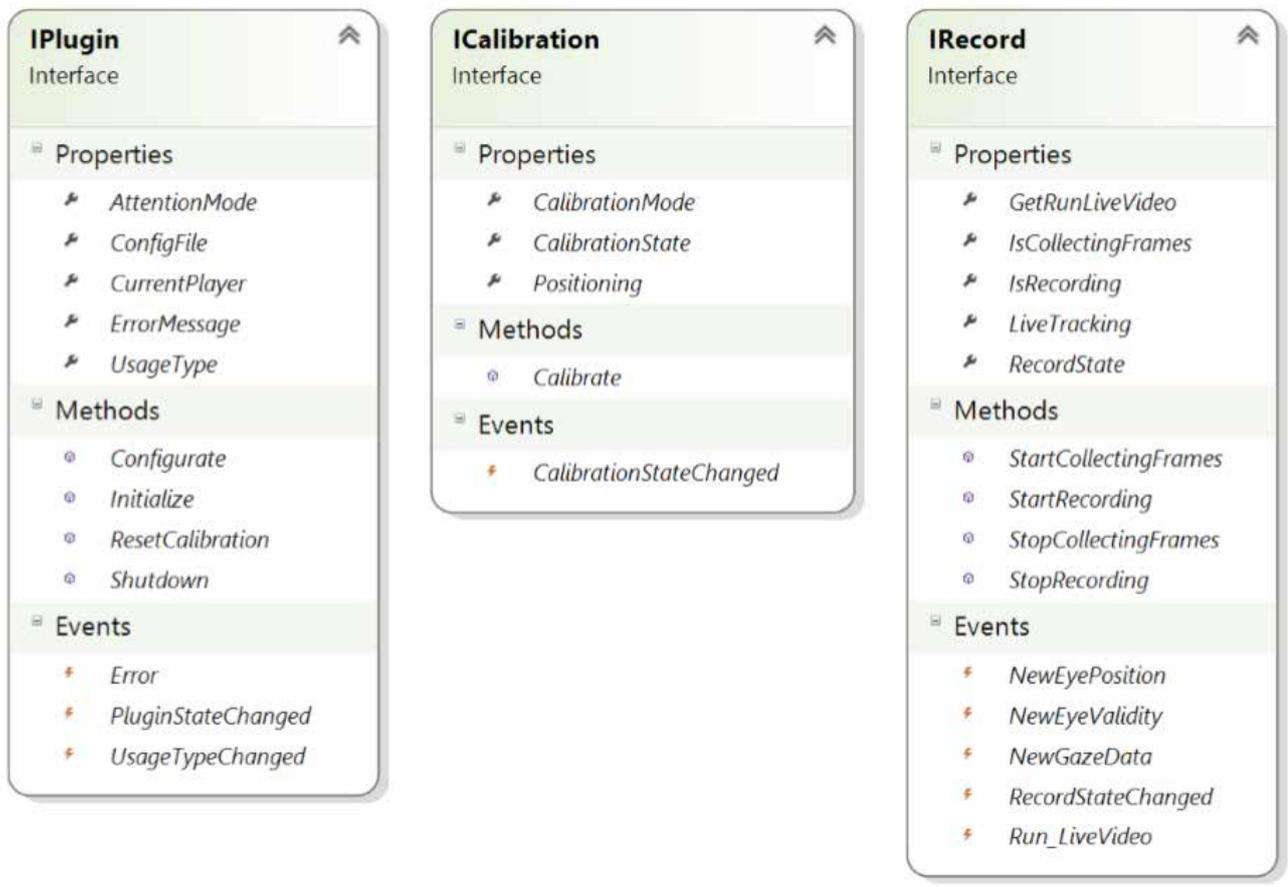


Abbildung 3: In der Masterarbeit hat der Studierende den Eye-Tracker an die Applikation angebunden, um die Rohbilder und Blick-positionen abfragen zu können. Dabei verwendete er drei Schnittstellen (Interfaces) IPlugin zur Anmeldung des Eye Trackers an das System, ICalibration dient zur Steuerung der Kalibrierung des Eye Trackers und IRecord hat der Studierende verwendet, um die Aufzeichnung mit dem Eye Tracker zu starten. Grafik: Michael Jank

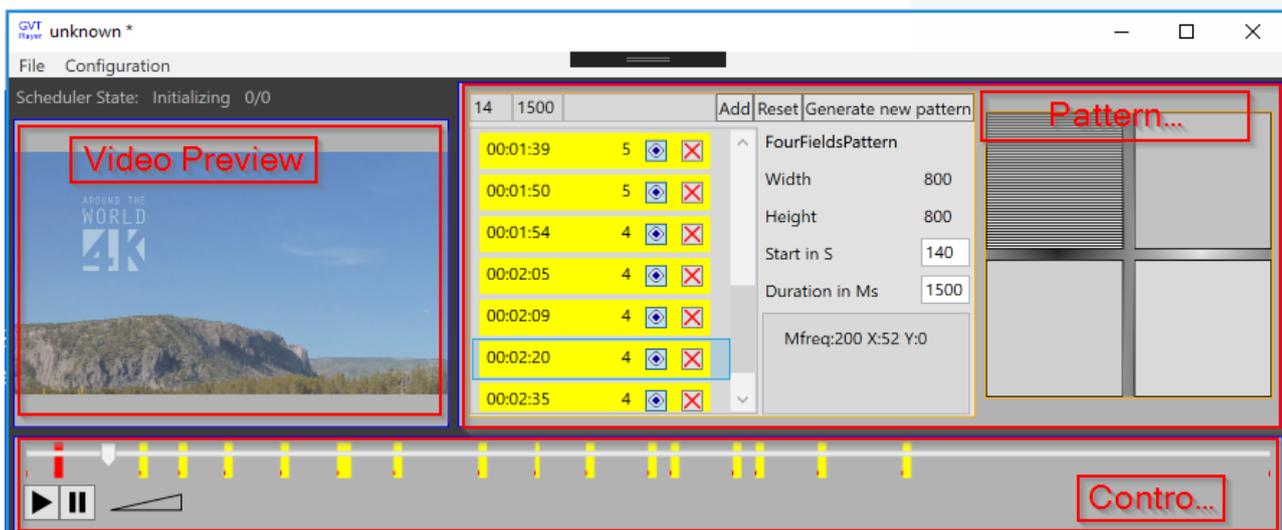


Abbildung 4: In der zweiten Arbeit hat ein Studierender eine Anwendung erstellt, um die Testmuster in einen Film einzubetten. Quelle: Jacob Neuser

In parallel dazu laufenden Projektarbeiten haben Studierende eine Halterung für den Eye-Tracker entwickelt, um diesen zu drehen und somit auf die Person auszurichten. Die Erstellung der Schnittstelle hat es den Studierenden ermöglicht, den verstellbaren Eye Tracker über die gleiche Schnittstelle anzusprechen. Dadurch ist es nicht

erforderlich, die Kernanwendung zu ändern. Somit kann das Team das verstellbare System und auch den Eye Tracker ohne diese Halterung jederzeit austauschen. [3]

In einer weiteren Abschlussarbeit beschäftigte sich ein Studierender mit der Erstellung eines objektiven Preferential Looking Tests. In diesem Szenario wird der Testperson ein Film gezeigt, der in den Videoschnitten Preferential Looking Muster einblendet. Diesen Testablauf konzipierten Studierende in vorangegangenen Arbeiten. [2, 4] In dieser Arbeit hat der Studierende den Test mit der in [2] entwickelten Softwarearchitektur umgesetzt.

Um die Testmuster konfigurieren und anzeigen zu können, entwickelte das Team eine Anwendung, die es dem Tester erlaubt, die Parameter für den Film und die Muster anzupassen. Der Tester kann dazu Testmuster einstellen und deren Art auswählen, was im „Pattern“ Bereich geschieht, wie auf Abbildung 4 zu sehen ist. Zusätzlich kann der Testleiter Zeiteinstellungen – wann und wie lange – vornehmen. Die Position wird anhand der ermittelten Blickposition errechnet. Dies sieht der Tester auch im unteren Control Bereich, der die aktuelle Filmposition darstellt (grauer Pfeil), die Startzeit der Muster (rote Striche) und deren Anzeigedauer (gelbe Rechtecke). Im „Video Preview“ Block sieht er das, was der Testperson auf dem zweiten Monitor angezeigt wird.

Die Varianten der Testmuster erstellte das Forschungsteam mit geeigneten Designpatterns, um in Zukunft flexibel auf Anpassungen und Änderungen reagieren zu können. Dabei hat das Team Animationen, wie Bewegung oder Blinken, von der Geometrie getrennt. Somit lassen sich beliebige Kombinationen aus verschiedenen Mustertypen (vier Felder, ein Muster auf grauem Hintergrund) erstellen. Die Ergebnisse hat ein Studierender in seiner Bachelorarbeit festgehalten. [5]

Die Betreuung der Studierenden und der Entwicklung erfolgte mit SCRUM. SCRUM ist eine agile Softwareentwicklungsmethode, die mit kurzen, täglichen Treffen arbeitet und regelmäßig (alle vier Wochen) ein stabiler Stand der aktuellen Anwendung (Release) angestrebt wird. Somit konnte das Team die Entwicklung dynamisch an sich ändernde Anforderungen und den aktuellen Kenntnisstand anpassen. SCRUM wird in der praktischen Softwareentwicklung immer häufiger eingesetzt und löst klassische Entwicklungsverfahren (V-Modell, Waterfall, etc.) zunehmend ab. [6]

4. Forschungsergebnisse und Nachhaltigkeit / Verwertung

Die erzielten Ergebnisse der beiden Arbeiten werden weiter im Projekt Genesis VisionTest genutzt. Das umfasst auch die Software und weiter Erkenntnisse.

Während der Implementierung des neuen Eye Tracker Treibers erkannte das Forschungsteam diverse Fälle, bei denen der sogenannte Glint verwischt. Dies tritt auf, wenn unerwünschte Reflektionen durch eine ungünstige Augenstellung auftreten, wie auch auf Abbildung 5 zu sehen ist. Dadurch errechnet das System eine falsche Blickposition, was dazu führen kann, dass es ein Testmuster als nicht erkannt wertet, obwohl die Testperson dieses gesehen hat. Es kann auch vorkommen, dass das System die Testmuster falsch platziert, da diese immer in einem Kreis um die aktuelle Blickposition platziert werden. Dies soll ein Team in Nachfolgeprojekten mit einer weiter entfernten Position des Eye-Trackers und ggf. besseren Auswertungsalgorithmen adressieren.

Bei den Testmustern selbst erkannte das Forschungsteam, dass Bewegungsabläufe zu einem wahrgenommenen Flackern der Kanten führen können. Es verfälscht das Testergebnis, da dieses Flackern deutlich wahrnehmbar ist, wobei das eigentliche Muster nicht vom Hintergrund unterscheidbar bleibt. Hierzu stellte das Team an-

dere Möglichkeiten bereit, um den Stimulus möglichst auffällig zu gestalten – zum Beispiel Blinken anstatt das Muster zu bewegen. Diese testen die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler in Folgeprojekten an Probanden und ermitteln somit, welcher Stimulus am besten geeignet ist, um die bestmöglichen Ergebnisse zu erhalten.

5. Fazit und Ausblick

Die Vorarbeiten aus dem Lehrforschungsprojekt fließen direkt in den Genesis VisionTest ein. Sie bilden die nötige technische Basis, um den Konzeptnachweis eines flächendeckenden Sehscreenings für Kleinkinder durchführen zu können. Die Ergebnisse der Arbeiten beantworteten wichtige Fragen und gaben dem Gesamtprojekt eine klare Richtung vor. Auch wiesen sie nach, dass die bisherigen Konzepte mit einigen Anpassungen tragfähig sind. Die ergänzenden Stellen durch das Lehrforschungsprojekt ermöglichte es den Studierenden, umfassende wissenschaftliche Abschlussarbeiten zu verfassen, die in sich abgeschlossene Forschungsschwerpunkte abdeckten und auch in ein umfassendes Gesamtprojekt integriert waren. Somit war es ihnen möglich, einen tieferen Einblick in den Wissenschaftsbetrieb und auch in andere Themenfelder zu erhalten.

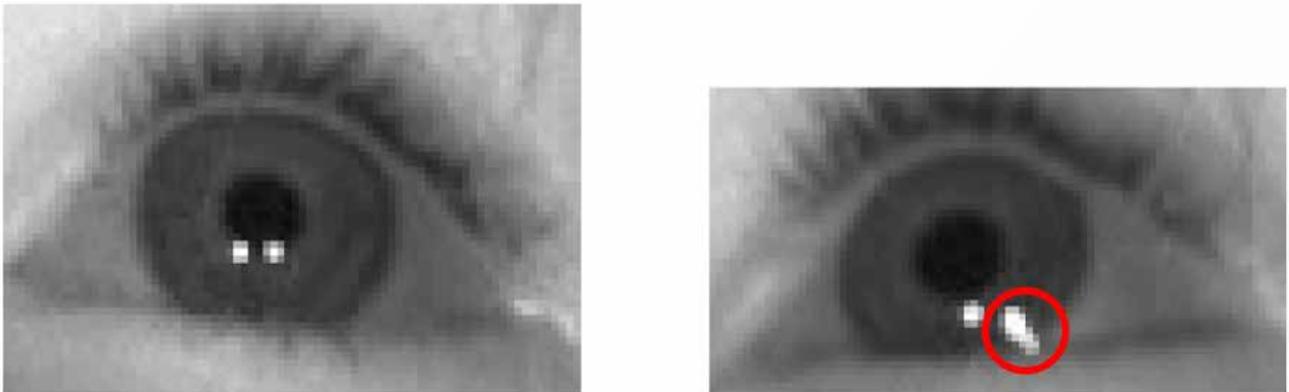


Abbildung 5: Beispiele für einen guten Glint (links), bei dem beide Infrarotquellen des Eye-Trackers klar im Auge reflektiert werden und einem verwaschenden Glint (rechts), bei dem die rechte Reflexion (rot markiert) gestreut wird. Dies führt zu Fehlern bei der Bestimmung des Blickvektors. Foto: Michael Jank

6. Literatur

- [1] Jutta Hafki; Daniela VOLLweiler: Genesis-Vision-Test: Pretest in Zusammenarbeit der Fakultät Elektro-, Feinwerk- und Informationstechnik und der Fakultät Sozialwissenschaften. Nürnberg 2016.
- [2] Andreas Pazureck: Genesis VisionTest - A Concept for a Comprehensive Screening Device to Prevent Amyopia with Children from the Ages Two to Six. Masterarbeit, Technische Hochschule Nürnberg Georg Simon Ohm, EFI, Nürnberg 2016.
- [3] Michael Jank: Evaluierung einer Eye-Tracking-Plattform zur Erfassung der Blickdaten von Kindern im Alter von 2 - 6 Jahren. Masterarbeit, Technische Hochschule Nürnberg Georg Simon Ohm, Nürnberg 2017.
- [4] Michael Jank: Entwicklung einer universellen Eye-Tracking-Schnittstelle. Bachelorarbeit, Technische Hochschule Nürnberg Georg Simon Ohm, Nürnberg 2016.
- [5] Jacob Neuser: Implementierung eines objektiven Preferential-Looking-Tests zur frühzeitigen Erkennung von Sehschwächen bei Kleinkindern mit Hilfe eines Eye-Trackers. Bachelorarbeit, Technische Hochschule Nürnberg Georg Simon Ohm, Nürnberg 2017.
- [6] Stefanie Schäfers: Scrum: ein agiles Framework auf dem Vormarsch. Immer mehr Unternehmen und Entwicklungsteams nutzen agile Methoden für die tägliche Arbeit. Dabei stehen ihnen eine ganze Reihe unterschiedlicher Ansätze zur Verfügung, die entweder alleine oder in Kombination aus verschiedenen Methoden genutzt werden können. Zu den beliebtesten agilen Methoden zählt dabei schon lange Scrum. Internetadresse: <https://entwickler.de/online/agile/scrum-bericht-2015-172593.html>. Zuletzt aufgerufen am 10.11.2017.









LED-Leuchten Design Contest

Prof. Dr.-Ing. Alexander von Hoffmann
Fakultät Elektrotechnik Feinwerktechnik Informationstechnik
TH Nürnberg

Wesentliche Projektziele

Das praxisnahe Lernen ist an der TH Nürnberg ein essentieller Bestandteil des Lehrkonzepts. Die Studierenden entwickeln Fachkompetenz an realen Entwicklungsprojekten. Für den LED-Leuchten Contest entwickelten die Studierenden-Teams der mechatronischen Bachelorstudiengänge in der Lehrform „Projektarbeit“ eine Leuchte – neben dem Entwurf zählten auch die Einhaltung des gesetzten Kosten- und Terminrahmens.

1. Projektdaten

Fördersumme	4.000 Euro
Laufzeit	April bis September 2017
Fakultät / Institut / Kompetenzzentrum	Fakultät Elektrotechnik Feinwerktechnik Informationstechnik
Projektleitung	Prof. Dr.-Ing. Alexander von Hoffmann
Kontaktdaten	E-Mail: alexander.vonhoffmann@th-nuernberg.de

2. Ausgangslage und Ziele des Forschungsprojekts

Der LED-Leuchten Design Contest ging 2017 an der TH Nürnberg in die dritte Runde. 16 Studierende haben in Teams Entwürfe für faszinierende LED-Leuchten-Produktfamilie entwickelt und als Muster aufgebaut. Als Lehrform wird hier das sogenannte „forschende Lernen“ eingesetzt, bei der die Studierenden ein selbst erarbeitetes LED-Leuchtendesign realisieren und bis zur Präsentation der Prototypen exemplarisch den gesamten Forschungsprozess durchlaufen: Die Studierenden entwickeln ein spannendes, zeitgemäßes LED-Leuchtendesign und verfolgen die Produktentstehung bis zur Präsentation des Prototypen. Die Herausforderung ist, dass alle in einem Team entstandenen Leuchten als eine Produktfamilie zu erkennen sind.

3. Herangehensweise und Lehrkontext

Für die angewandte Forschung und Lehre der TH Nürnberg ist es eine zentrale Aufgabe, die Studierenden methodisch und praktisch fundiert an den Anforderungen des Marktes auszubilden. Das umfasst auch, die eigenen Entwürfe der Kritik und Weiterentwicklung auszusetzen und zu lernen, davon profitieren zu können. Die Basis für die studentischen Projektarbeiten ist das bereits zuvor erworbene methodische und theoretische Wissen aus den Bereichen ‚CAD-Konstruktion‘ und ‚Technische Optik‘ in der Fakultät Elektrotechnik Feinwerktechnik Informationstechnik (efi). Möglich waren alle Werkstoffe und Fertigungsverfahren, die zum Ziel führten: Von beispiels-

weise Papier über Keramik und Kunststoffe in 3D-Druck, Origami-Falttechniken oder Laserschneidverfahren. Die Projektteams lösten dies teilweise dadurch, dass jedes Teammitglied die gleichen Werkstoffe und Fertigungsverfahren einsetzte.

Die Studierenden hatten während des Semesters einmal pro Woche ein Teamgespräch mit Prof. Dr.-Ing. Alexander von Hoffmann und zwei Samstagsworkshops: Felix Thiele und Steven Dave aus der Fakultät Architektur gaben eine Einführung in das computergestützte Entwerfen von designrelevanten Bauteilen mit dem algorithmischen Modellierprogramm Grasshopper®.

4. Forschungsergebnisse und Nachhaltigkeit / Verwertung

In der Bewertung der externen und hochschulinternen Experten bildeten sich marktrealistische Kriterien ab: Die Fachjury mit Stefan Daum (Ercol Leuchten GmbH), Thomas Klimont (Vorsitzender der deutschen Lichttechnischen Gesellschaft und Vertreter von Siteco Beleuchtungstechnik GmbH) und Prof. Yves Ebnöther (TH Nürnberg, Professor für Computer Generated Object Design) bewertete die Entwürfe.

Den ersten Platz belegten die „Wabenleuchten“-Entwürfe der Studierenden Michael Speck, Richard Scherr, Nicolas Haas und Ersin Demir. Die Jury lobte den modularen Ansatz dieser Leuchtenprodukt-Familie.



Abbildung 1: Studierenden-Beitrag zum LED-Leuchten Design Contest; Foto: Lucas Brisco

5. Fazit und Ausblick

Erstmalig fand die Präsentation im Learning Lab der TH Nürnberg statt. Die Studierenden machten dabei ausgiebig Gebrauch von den dort vorhandenen digitalen Instrumenten wie dem Windows Surface Hub und konnten von dem inspirierenden Geist dieses Ortes nicht zuletzt aufgrund der flexiblen Möblierung profitieren.

Im Rahmen der Vernetzung fachverwandter Bereiche an der TH Nürnberg kam ein konstruktiver Kontakt zwischen den Fakultäten efi und Design zustande, der nun in einer Teilnahme des Antragsstellers an der Jurierung des diesjährigen Wettbewerbes mündete. Dieser Austausch wurde von allen Beteiligten als überaus konstruktiv bewertet. Es ist deshalb beabsichtigt, das erfolgreich etablierte Format „LED Leuchten Contest“ für ein Semester - während Prof. Dr.-Ing. Alexander von Hoffmanns Forschungsfreisemester - interimistisch an der Fakultät Design anzusiedeln und in diesem Kontext durchzuführen. Die Kontinuität in der Ausrichtung des Projektes, sowie die Einbringung der technisch-konstruktiven Expertise von Prof. Dr.-Ing. Alexander von Hoffmann sind durch seine Teilnahme an Zwischenkritik und Jury gewährleistet.







Bionische Leichtbaustrukturen

Prof. Dr.-Ing. Rüdiger Hornfeck
Fakultät Maschinenbau und Versorgungstechnik
TH Nürnberg

Leichtbaustrukturen im Maschinenbau sind eine wesentliche Voraussetzung für den ressourcenbewussten Umgang mit Rohstoffen und ermöglichen zudem eine energieeffiziente Konstruktion.

In der Botanik und Zoologie wird seit Milliarden von Jahren dieses extreme Leichtbauprinzip angewandt: Grashalme sind aufgrund ihres Aufbaus flexibel und knicksicher, Vögel haben sehr steife und extrem leichte Knochen.

Wesentliche Projektziele

Im Rahmen des Lehrforschungsprojekts analysierten die Studierenden den Skelettaufbau und die Knochenstrukturen von Tauben. Im ersten Schritt erfolgte die Mazeration der Knochen, mit denen die Studierenden die Analysen durchführten. Zur Bestimmung der Außengeometrie der Knochen erfassten die Studierenden diese mit einem 3D-Scanner und überführten sie in ein CAD-Modell. Die Bestimmung der inneren Knochenstruktur erfolgte über Schlifffbilder und CT-Aufnahmen, die Knochenfestigkeit über Druck-, Zug- und Biegeversuche. Abschließend stellten die Studierenden ein vergrößertes Skelettmodell der Taube mit einem 3D-Drucker her. Konstrukteurinnen und Konstrukteure können sich diese Forschungsergebnisse zu Nutze machen und auf Maschinenbaukonstruktionen übertragen.

1. Projektdaten

Fördersumme	4.624 Euro
Laufzeit	März 2017 bis Januar 2018
Fakultät / Institut / Kompetenzzentrum	Fakultät Maschinenbau und Versorgungstechnik
Projektleitung	Prof. Dr.-Ing. Rüdiger Hornfeck
Kontaktdaten	E-Mail: ruediger.hornfeck@th-nuernberg.de

2. Ausgangslage und Ziele des Forschungsprojekts

Die Aufgabe von Konstrukteurinnen und Konstrukteuren ist es, optimale Lösungen für neue Konstruktionen zu ersinnen. Eine nahezu unbegrenzte Vielfalt an konstruktiven Lösungen bietet die Natur. Daraus hat sich die Disziplin der Bionik entwickelt, das Umsetzen biologischer Lösungen in technische Produkte. Am Institut für Chemie, Material- und Produktentwicklung (OHM-CMP) der TH Nürnberg arbeiten die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler seit 2012 erfolgreich an bionischen Projekten. So haben sie beispielsweise den Beinmechanismus von Spinnen analysiert und auf einen Laufroboter übertragen. Dieser bewegt sich auf unwegsamem Terrain besser als Ketten- oder Radfahrzeuge fort. Die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler forschen am Institut zudem an Gelenkrobotern für die Mensch-Roboter Kollaboration, die ebenfalls auf dem Spinnenbeinprinzip basieren.

Ein weiterer Optimierungsschritt besteht darin, diese Konstruktionen gewichtsoptimiert zu gestalten, um ressourcenschonend Bauteile einzusetzen und effizient Bewegungen ausführen zu können. Schaut man sich hier in der Natur um, welche biologischen Lösungen es schon gibt, so liegt die Vermutung nahe, dass die Knochen von Vögeln diesen Leichtbaukriterien gerecht werden müssen.

Damit sich spätere Maschinenbauingenieurinnen und -ingenieure auch den Ideenreichtum der Biologie zu Nutzen machen können, hat die TH Nürnberg das Projekt „Bionische Leichtbaustrukturen“ initiiert. Hier wird den Studierenden die Fähigkeit vermittelt, biologische Konstruktionsprinzipien zu analysieren, deren Funktionsweise zu verstehen und darauf aufbauend diese auf technische Anwendungen zu übertragen.

3. Herangehensweise und Lehrkontext

Die an dem Projekt beteiligten Studierenden waren: Jonas Hübner, David Jany, Simon Körber, Lorand Krestel, Jule Laura Leckler, Alexander Leidi, Alina Lorenz, Oliver Maier, Benedikt Mantei, Christian Meier, Marc Metzger, Manuel Münch, Johannes Walz Fakultät Maschinenbau und Versorgungstechnik, BMB 6 und 7. Diese Maschinenbaustudierende im Studienschwerpunkt Konstruktion und Entwicklung haben das Lehrforschungsprojekt bearbeitet, das sich über das sechste und siebte Semester erstreckt hat. Der Projektleiter gab nur die Zielsetzung, d.h. die Analyse des konstruktiven Aufbaus von Taubenknochen, vor und besprach erste Schritte der möglichen Vorgehensweise. Um bereits zu Beginn einen Bezug zur Forschung herzustellen, referierte ein wissenschaftlicher Mitarbeiter am OHM-CMP über die Literaturrecherchemöglichkeiten in verschiedenen Datenbanken und die strukturierte Organisation der Recherchedaten. In einer weiteren Teambesprechung legten die Teilnehmerinnen und Teilnehmer die folgenden Arbeitspakete fest: Literaturrecherche und deren Auswertung, Beschaffung von Versuchsobjekten und die Mazeration der Taubenknochen, Erfassung der inneren und äußeren Knochengeometrie, Festigkeitsuntersuchungen an ausgewählten Knochen und Aufbau eines virtuellen und realen Taubenskeletts.

Aus den Arbeitspaketen ging hervor, dass die Studierenden bisher keine Erfahrungen auf dem Gebiet der Biologie, der Mazeration und der Untersuchungsmethoden hatten. Nachdem Forschungsarbeit grundsätzlich bedeutet, dass man „Neuland“ betritt, definierten sie auch in Teambesprechungen die nächsten Aktivitäten und besprachen die dazu erforderliche Vorgehensweise. Alle Teilschritte fassten die Studierenden in einer To-do-Liste zusammen. Dabei standen folgende Fragestellungen im Zentrum der Besprechungen: „Wie erfolgt die Mazeration der Knochen?“, „Welche Analyseverfahren sind anzuwenden?“ und „Wer hat die geeigneten Messgeräte für die Untersuchungen?“

Da ein bionisches Thema auch ein umfangreiches und interdisziplinäres Gebiet aufspannt, unterstützten folgende Personen bzw. Bereiche das Lehrforschungsteam:

Manuelle Mazeration:	Christian Dienemann, Tiergarten Nürnberg
Enzymische Mazeration:	Prof. Dr. Ralf Lösel und Susanne Ederer, Fakultät Angewandte Chemie
3D Scannen:	Sebastian Katona, Institut OHM-CMP
Mikroskopie:	Robert Wockenfuß und Gerhard Böld, Fakultät Maschinenbau und Versorgungstechnik
CT-Aufnahme:	Prof. Dr. Oliver Natt, Fakultät Angewandte Mathematik, Physik und Allgemeinwissenschaften
Erstellung RP-Teile & Proben:	Sebastian Katona, Institut OHM-CMP Fa. DELO Industrieklebstoffe in Windach
Festigkeitsuntersuchungen:	Horst Nietschke, Fakultät Maschinenbau und Versorgungstechnik Prof. Dr.-Ing. Hannes Kühl, Fakultät Werkstofftechnik

Aus der Vielzahl an Kontakten und den durchgeführten Arbeiten an verschiedenen Standorten entstand eine interdisziplinäre Arbeitsweise und eine Vernetzung, sowohl innerhalb der TH Nürnberg über die Fakultätsgrenzen hinweg als auch zu Firmen und Institutionen in der Region. Darüber hinaus konfrontierte das Projekt die Studierenden mit unbekanntem Problemstellungen, die ergebnisoffen zu bearbeiten waren.

4. Forschungsergebnisse und Nachhaltigkeit/Verwertung

4.1 Mazeration der Taubenknochen

Die Studierenden wendeten zwei Mazerationstechniken an, um das Fleisch, die Sehnen und die Knochenhaut von den Knochen zu lösen: die manuelle Mazeration und die enzymatische Mazeration.

Sie stellten fest, dass die manuelle Mazerationstechnik für die gewünschte Anwendung besser geeignet ist, da diese den Knochen in geringerem Maße beschädigt und schneller ist. Die enzymatische Mazeration hingegen ist sehr gut geeignet, um Knochen mit wenig Rückständen zu extrahieren.



Abbildung 1: Manuelle Mazeration; Foto: Rüdiger Hornfeck



Abbildung 2: Enzymatische Mazeration; Foto: Rüdiger Hornfeck

4.2 Untersuchungen zur Außengeometrie der Knochen

Die Studierenden verfolgten mit dem 3D-Scannen drei Ziele:

1. Die Querschnittsdaten der Knochen vermessen, um einen Rückschluss auf die Knochenfestigkeit zu erhalten
2. Zur weiteren Analyse ein 3D-CAD Modell des Taubenskeletts erstellen
3. Das Taubenskelett als Anschauungsmuster in einem vergrößerten Maßstab mit einem 3D-Drucker herstellen
4. In Abbildung 3 sind die Brust- und Halswirbel zu sehen, die die Studierenden mit einem Laserscanner erfasst haben.



Abbildung 3: Scannen der Brust- und Halswirbel; Foto: Rüdiger Hornfeck

Die durch das Scannen erzeugten Punktwolken wandelten die Studierenden mit einem Algorithmus in ein Polygonmodell um, anschließend erfolgte die Flächenrückführung.

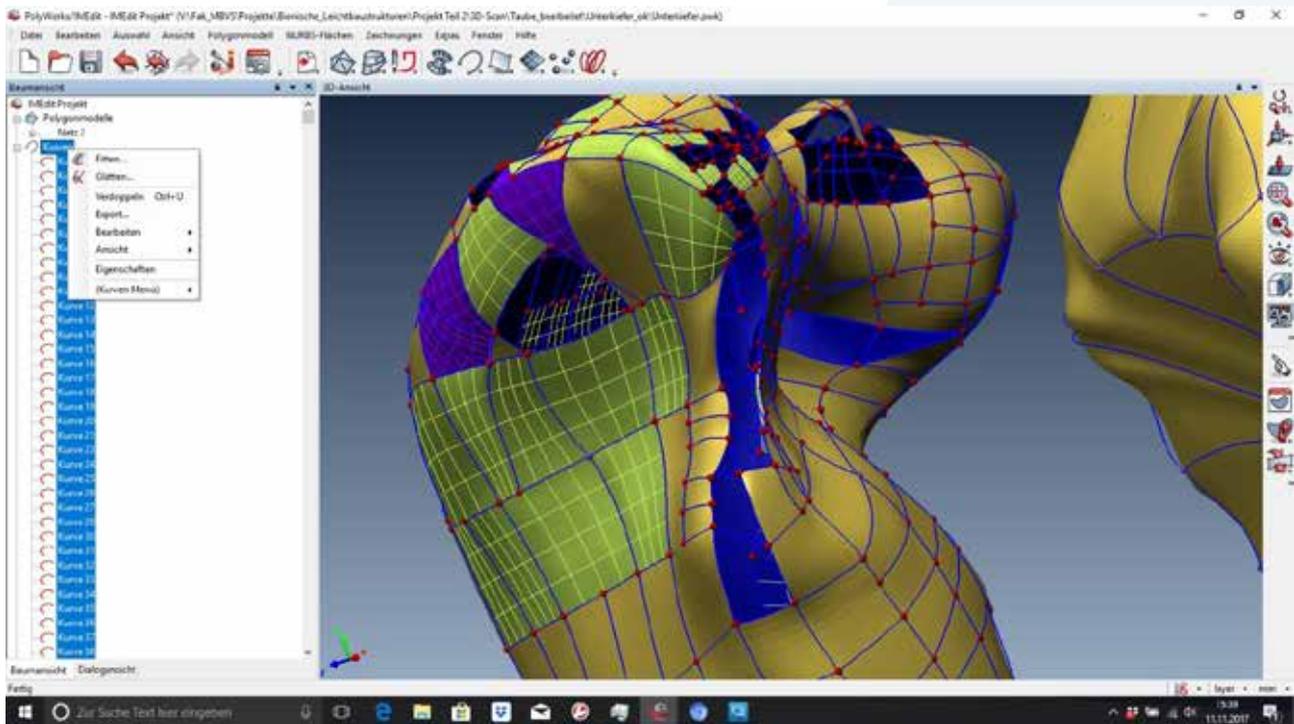


Abbildung 4: Konvertierung des Polygonmodells in ein Flächenmodell; Foto: Rüdiger Hornfeck

4.3 Untersuchungen zum inneren Aufbau der Knochen

Um den inneren Aufbau der Knochen festzustellen, wählten die Studierenden zwei Methoden aus:

1. Die Dünnschlifftechnik in Verbindung mit der Mikroskopie
2. Computertomographieuntersuchungen

Für diese Untersuchungen zogen die Projektteilnehmerinnen und -teilnehmer den Oberarmknochen der Taube heran, da dieser beim Flug die höchsten Beanspruchungen erfährt.

Durch die verschiedenen Untersuchungsmethoden stellten sie fest, dass der Knochen über seine Länge unterschiedliche Ausprägungen im Querschnitt aufweist.



Abbildung 5: Schematischer Aufbau eines Taubenknochens; Foto: Rüdiger Hornfeck

4.4 Festigkeitsuntersuchungen

Ein Knochen weist keine Regelstruktur auf und ist einem lebenslangen Optimierungsprozess unterworfen. Dabei richtet sich die innere schwammartige Struktur, auch Spongiosa genannt, nach der Hauptbelastungsrichtung aus und passt sich den alltäglichen Belastungen an. Ein Knochen ist mit einem Zweikomponenten-Verbundwerkstoff vergleichbar, bestehend aus einer organischen und einer anorganischen Komponente. Die anorganische nennt sich Hydroxylapatit und ist die Grundlage der Hartschubstanz von Knochen. Die organischen Bestandteile setzen sich aus Knochenmark und Gefäßen zusammen.

In den ersten Versuchen betteten die Studierenden die Knochen am Gelenk in Harz ein, um diese in der Zugprüfmaschine spannen zu können. Bei einem Zugversuch eines Verbundwerkstoffes wird nur der Bestandteil mit der höheren Festigkeit belastet, im Fall eines Knochens die anorganische Komponente.

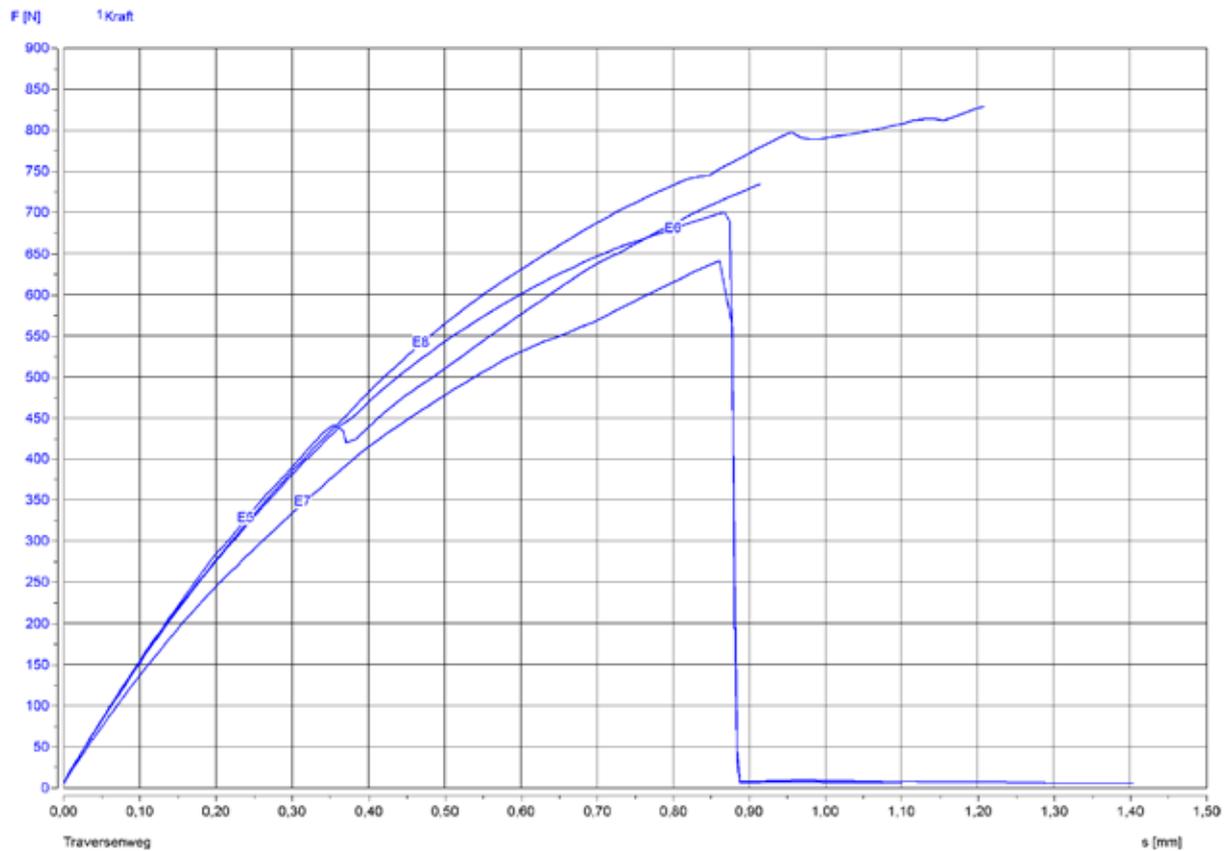


Abbildung 8: Ergebnis einer Zugprobe; Grafik: Rüdiger Hornfeck

In einer weiteren Versuchsreihe führten die Studierenden Biegeversuche durch.



Abbildung 9: Aufbau des Biegeversuchs; Foto: Rüdiger Hornfeck

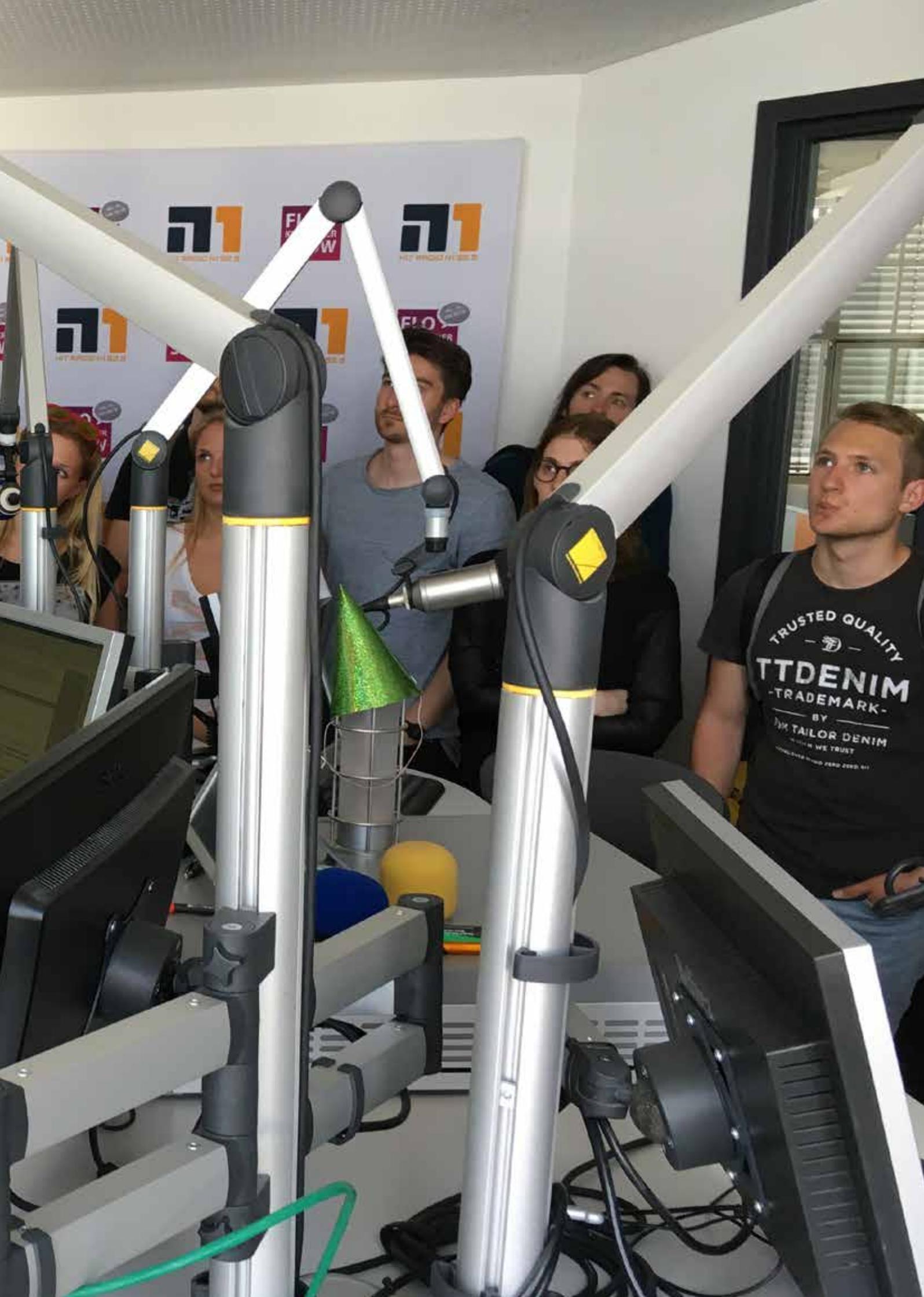
5. Fazit und Ausblick

In der Vergangenheit war es üblich, im sechsten und siebten Semester mit der Konstruktionsgruppe ein entsprechendes Projekt zu bearbeiten. Mit dieser Erwartungshaltung sind die Studierenden auch in den Kurs gekommen. Nach der Vorstellung des Lehrforschungsprojekts überwog eine gewisse Skepsis gegenüber diesem Thema. Im weiteren Verlauf kamen weitere Unsicherheiten auf, inwieweit das Thema mit dem Maschinenbaustudium zu tun hat und ob und wie die Arbeitspakete bewältigbar sind.

Bei der fortschreitenden Forschungsarbeit stellten sich die Erfolge ein. Die neu erworbenen Kenntnisse über die Verfahren und Technologien und die gewonnenen Forschungsergebnisse erzeugten eine positive Stimmung im Forschungsteam und die Motivation, weitere Erkenntnisse zu erlangen, stieg stark an. Zudem fragten Kommilitoninnen und Kommilitonen die Studierenden immer häufiger nach dem neusten Stand im Lehrforschungsprojekt.

Gleichzeitig war dieses Lehrforschungsprojekt auch ein Initialprojekt, um auf diesem Forschungsgebiet weiter zu arbeiten. Es wurde ein Vorlaufforschungsprojekt 2018 an der TH Nürnberg genehmigt. Hier wird die Anwendung von Analyseverfahren weiter optimiert, um den Knochenaufbau noch besser zu verstehen. Weitere Forschungsaktivitäten auf dem Gebiet der technischen Umsetzung und der Anwendbarkeit in mechanischen Konstruktionen werden angestrebt, um die Kompetenz auf dem Gebiet der Bionik im OHM-CMP und der Fakultät Maschinenbau und Versorgungstechnik kontinuierlich auszubauen.





TRUSTED QUALITY
— T —
TTDENIM
— TRADEMARK —
BY
TAYLOR DENIM
— WHICH WE TRUST —
ESTABLISHED SINCE 1988



Virtual Reality und 360 Grad im Journalismus und in der Unternehmenskommunikation

Prof. Markus Kaiser
Fakultät Angewandte Mathematik, Physik und Allgemeinwissenschaften
TH Nürnberg

Immersive Medien wie Virtual, Mixed und Augmented Reality sowie 360-Grad-Videos finden nicht nur bei fiktionalen Inhalten wie Games oder Film, sondern auch im Journalismus und in der Unternehmenskommunikation immer häufiger Anwendung. Bislang gibt es aber noch keine gültigen Regeln für ein gelungenes Storytelling und für die Erstellung von virtuellen Inhalten. Die Aufgabe des Lehrforschungsprojekts war es deshalb, für immersive Medien eine spezifische Erzählform zu entwickeln und anschließend zu evaluieren. Die Studierenden haben dabei insbesondere Virtual-Reality-Interviews in Kooperation mit dem Münchner Unternehmen Dexperio und dem Lokalradiosender Hitradio N1 im Rahmen der „SuperSommerSause“ in Nürnberg produziert. Das Lehrforschungsprojekt wurde durchgeführt im Rahmen des interdisziplinär angelegten fachwissenschaftlichen Wahlpflichtfachs „Virtual Reality und 360 Grad im Journalismus und in der Unternehmenskommunikation“ im Sommersemester 2017.

Wesentliche Projektziele

Beteiligt waren Bachelor-Studierende aus den Studiengängen Media Engineering, Design sowie Technikjournalismus/Technik-PR der TH Nürnberg. Die Ergebnisse sind in die weitere angewandte Forschung im Bereich immersiver Medien für non-fiktionale Inhalte eingeflossen.

1. Projektdaten

Fördersumme	8.000 Euro
Laufzeit	März bis November 2017
Fakultät / Institut / Kompetenzzentrum	Fakultät Angewandte Mathematik, Physik und Allgemeinwissenschaften
Projektleitung	Prof. Markus Kaiser
Kontaktdaten	E-Mail: markus.kaiser@th-nuernberg.de

2. Ausgangslage und Ziele des Forschungsprojekts

Im Jahr 2016 haben Virtual Reality (VR), Augmented Reality (AR, erweiterte Realität) und 360-Grad-Videos ihren Durchbruch erlebt. Auf Konferenzen (unter anderem „Digility“ in Köln, „re:publica“ in Berlin, „MEDIENTAGE MÜNCHEN“ oder im Januar 2017 beim „Cologne IT Summit“, bei dem die TH Nürnberg mit einem Vortrag vertreten war¹) dominierte das Thema der virtuellen Realitäten. Im Jahr 2016 hat sich der Erste Fachverband für Virtual Reality e. V. (EDFVR) gegründet. Diese so genannten immersiven Medien, bei denen der Rezipient selbst in das Geschehen eintaucht und den Eindruck hat, mittendrin zu sein, spielen in den verschiedensten Branchen eine immer bedeutendere Rolle. „Virtual Reality ist angekommen und mit ihr ein stetig wachsendes Angebot an neuer Hard- und Software“, bilanzierte beispielsweise die Beratungsgesellschaft PwC in ihrem „Digital Trend Outlook 2016“.²

Es gibt kaum eine Branche, die nicht vom digitalen Wandel betroffen ist und in der immersive Medien nicht denkbar sind. In der Industrie können mit Hilfe von Virtual Reality Produktionsabläufe simuliert werden. Architekten können in Holodecks durch von ihnen entworfene Häuser laufen, die noch nicht gebaut worden sind, und so Ver-

besserungen vornehmen bzw. die VR-Anwendung für den Abverkauf von neu geplanten Wohnimmobilien nutzen. Dank Augmented Reality werden Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern in der Logistik Zusatzinformationen einblendet, die aufzeigen, wo sie die gesuchten Materialien im Lager finden. Halten Fahrerinnen und Fahrer ihr Smartphone im Auto über das Armaturenbrett, sehen sie eine Einblendung, die zeigt, welche Funktionalität mit den Schaltern verbunden ist. BMW hat dies beispielsweise bereits umgesetzt. Im Tourismus können sich Kunden in Reisebüros mit einer VR-Brille ihr Hotelzimmer bzw. ihren Urlaubsort als 360-Grad-Film anschauen.

Immersive Medien sind derzeit aber vor allem in der Medienbranche das Thema Nummer eins. Die Unterhaltungsindustrie insbesondere mit Games, aber auch im Film bildet hier den Vorreiter. Die schon im Einsatz befindlichen Nutzungsszenarien gehen dabei aber bereits jetzt weiter: So besteht zum Beispiel im Europapark in Rust bei einer Achterbahn die Möglichkeit, sich eine VR-Brille aufzusetzen und die reale Fahrt in einer virtuellen Welt zu erleben. Die realen Bewegungen laufen im so genannten VR Coaster synchron zum Film, den die Besucher erleben. „In der VR befindet sich der Anwender vollständig immersiv innerhalb der virtuellen Realität: er sieht mit einer VR-Brille wie der Oculus Rift oder der HTC Vive ausschließlich die virtuelle Welt.“³

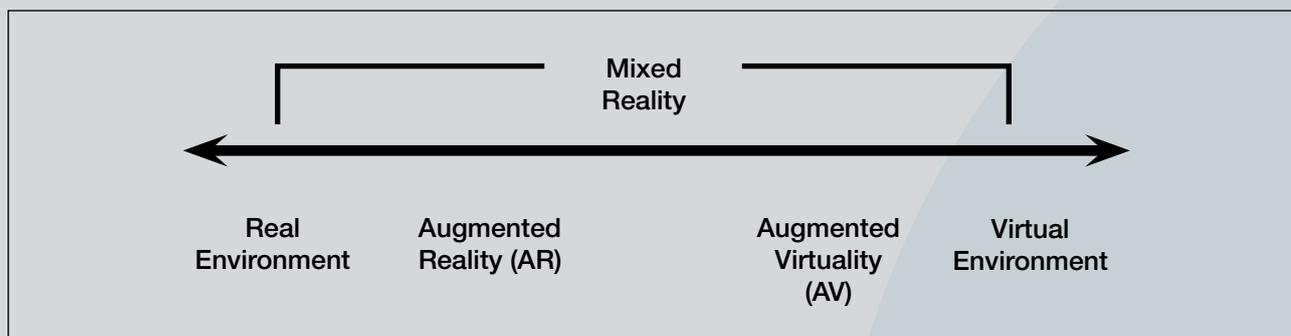


Abbildung 1: Das Milgram-Kontinuum – von der Realität bis zur virtuellen Welt. Nachgebaut auf Basis der Grafik von Dirk Schart in: Kaiser, Markus (Hrsg.): *Innovation in den Medien*, München 2015 (2. Aufl.): S. 275;

Der Journalismus und die Unternehmenskommunikation sind hier noch nicht so weit. Erst allmählich befassen auch sie sich mit dem Thema VR/AR/360 Grad. Über 360-Grad-Anwendungen (zum Beispiel in der „BR24“-App des Bayerischen Rundfunks, der „SZ VR“-App der Süddeutschen Zeitung oder der Fernsehsendung „Galileo“) wurden erste Ansätze von Immersion erzeugt. Es handelt sich hier aber noch um wenige Projekte. Es wird relativ viel ausprobiert; gültige journalistische Regeln für VR/AR/360 Grad gibt es noch nicht. In den meisten Fällen wird zudem kein Wert auf Storytelling gelegt; die visuellen Elemente stehen dann unkommentiert und teilweise unverbunden für sich. Hier hat das Lehrforschungsprojekt angesetzt.

Das Lehrforschungsprojekt „Virtual Reality und 360 Grad im Journalismus und in der Unternehmenskommunikation“ wurde in die Bachelor-Studiengänge Design, Media Engineering und Technikjournalismus/Technik-PR eingebunden und fand im Rahmen der gleichnamigen Lehrveranstaltung im Sommersemester 2017 statt. Außerdem wurden Verbindungen zum fachwissenschaftlichen Wahlpflichtfach Crossmedia-Konzepte und zum Seminar „Digitaler Journalismus“ im zweiten Semester des Studiengangs Technikjournalismus/Technik-PR sowie zu „Technikjournalismus“ im sechsten Semester des Studiengangs Media Engineering hergestellt.

Externe Partner für das Lehrforschungsprojekt waren das Funkhaus Nürnberg, die Bayerische Landeszentrale für neue Medien und Dexperio. Das Lehrforschungsprojekt korrespondierte und baute auf dem

Projekt „Media:Projects“ auf, das von der Bayerischen Landeszentrale für neue Medien zum Wintersemester 2016/2017 aufgelegt wurde. Bayerische Hochschulen und Universitäten sollen hier mit lokalen Rundfunkanbietern zusammenarbeiten und durch angewandte Forschung ein für das Medienunternehmen nutzbares Produkt entwickeln.⁴ Beim Lehrforschungsprojekt handelte es sich um angewandte Forschung. Das Ziel des Lehrforschungsprojekts war es herauszuarbeiten:

- Für welche Anwendungen eignen sich im Journalismus und in der Unternehmenskommunikation VR/AR/360 Grad?
- Wie muss eine Geschichte erzählt werden?
- Welche bisherigen journalistischen Regeln müssen durchbrochen werden (zum Beispiel beim Videoschnitt, Kameraperspektive)?
- Aus welcher Perspektive lassen sich die Geschichten am besten erzählen?
- Wie lassen sich VR-Anwendungen in konventionelle Multimedia-Geschichten einbinden?
- Wie können User bei journalistischen VR-Anwendungen interaktiv eingebunden werden?
- Welche Anforderungen stellen Journalisten an eine standardisierte Software?
- Welche Anforderungen stellt 360 Grad an die Moderatorinnen und Moderatoren?

3. Herangehensweise und Lehrkontext

Zunächst haben die Studierenden bestehende journalistische VR-/AR-/360-Grad-Projekte (unter anderem von Arte, der „Süddeutschen Zeitung“, Galileo und des WDR) im Seminar analysiert und die Schwachstellen herausgearbeitet (zum Beispiel beim Schnitt, Userführung, Kameraperspektive). Es zeigte sich in den analysierten Projekten, dass sich die Produzierenden bei immersiven Medien noch sehr stark an die gültigen Regeln anderer visueller Medien wie Fernsehen und Film anlehnen. Dies war bei neu aufkommenden Medien jedoch stets der Fall: Zum Beispiel ähnelten in der Pionierzeit des Internets Websites eher Zeitungen, statt auf multimediale Inhalte zu setzen (was natürlich auch aufgrund der damals noch fehlenden Internet-Bandbreiten kaum anders möglich war).

Aus der Analyse wurden im Seminar Regeln abgeleitet, die im Rahmen des Projekts mit dem Medienpartner Funkhaus Nürnberg umgesetzt und anschließend erneut evaluiert wurden. Die Studierenden haben einen von Dexperio für das Funkhaus Nürnberg im Rahmen der „Media:Projects“ gestalteten 360-Grad-Player weiterentwickelt. Die Studierenden forschten zudem, welche Formen des Storytellings bei 360-Grad-Projekten funktionieren. Bislang gibt es dazu noch keine gültigen und festen Regeln. Durch forschendes Lernen sollten diese im Rahmen des Lehrforschungsprojekts entwickelt werden.



Abbildung 2: Funkhaus-Pressesprecher Stefan Grundler gab einen Einblick in den Arbeitsalltag der verschiedenen Sender. Foto: Markus Kaiser



Abbildung 3: Auftakt für das Lehrforschungsprojekt war eine Exkursion zum Nürnberger Radiosender Hitradio N1. Foto: Markus Kaiser

Die Auftaktsitzung mit den Projektpartnern Hitradio N1 und Dexperio fand im Juni 2017 im Funkhaus Nürnberg statt. Hier wurden die Aufgaben verteilt und es wurde festgelegt, wie die Virtual-Reality-Aufnahmen aussehen sollten. Diese bestanden aus drei verschiedenen Elementen: 360-Grad-Außenaufnahmen aus Mallorca vom Juli 2017, die mit Interviews mit Ballermann-Sängern vor einer Greenscreen bei der „SuperSommerSause“ am

15. Juli 2017 in Nürnberg und zusätzlichen Einspielern kombiniert wurden. Die Studierenden recherchierten zunächst über die Sängerinnen und Sänger, die sie später interviewten, und erstellten ein Storyboard. Mit einer 360-Grad-Kamera wurden schließlich Außenaufnahmen auf Mallorca nach Vorgabe der Studierenden für deren Geschichte angefertigt. Zudem drehten die Studierenden mit einer klassischen Videokamera eigene Inhalte (zum Beispiel im Peter-Wackel-Museum), erstellten Infografiken oder suchten ergänzendes Bildmaterial heraus. Dieses wurde dann an den jeweiligen Stellen in die 360-Grad-Videos eingebunden.

Für die Interviews im Rahmen der „SuperSommerSause“ übernahmen die Studierenden aus den verschiedenen Fakultäten unterschiedliche Aufgaben als Moderatorinnen und Moderatoren, Chefs vom Dienst bzw. Medientechniker. Dadurch wurde neben der Fragestellung des Lehrforschungsprojekts interdisziplinäres Arbeiten in einem Team praktiziert und gefördert.



Abbildung 4: Technikjournalismus-Studierende interviewten vor einer Greenscreen Sänger Oli P. in Nürnberg. Foto: Markus Kaiser



Abbildung 5: Media-Engineering-Studierende ließen während ihres Interviews mit Peter Wackel auch Sequenzen aus dem fränkischen Peter-Wackel-Museum einspielen. Foto: Markus Kaiser

Nach der „SuperSommerSause“ am Flughafen Nürnberg wurden die 360-Grad-Videos zusammengemischt und auf eine Website hochgeladen. Diese sind insbesondere für das Betrachten mit einer 360-Grad-Brille (wie zum Beispiel der Samsung Gear oder eines einfachen Cardboards) geeignet. In einer weiteren Sitzung evaluierten die Studierenden ihre Beiträge auf Grundlage der anfangs erwähnten Fragestellungen.

4. Forschungsergebnisse und Nachhaltigkeit/ Verwertung

Im Rahmen des Lehrforschungsprojekts hat sich gezeigt, dass die Erstellung von Virtual-Reality-Inhalten im non-fiktionalen Bereich relativ aufwändig ist im Vergleich zu einer gewöhnlichen Fernseh- oder Filmproduktion und einer immensen Vorplanung bedarf. Auch technisch lief die Produktion trotz einer hochwertigen 360-Grad-Kamera noch nicht reibungslos. Die Zusammenführung der verschiedenen Aufnahmen gestaltete sich zudem als sehr zeitaufwändig, weshalb eine Live-Produktion noch ausgeschlossen war. Zudem wurden die Studierenden in ihrem Storytelling durch die vorhandenen Aufnahmen aus Mallorca in ihrer Interviewführung limitiert. Noch war es uns zudem nicht möglich, zwei unterschiedliche 360-Grad-Aufnahmen übereinander zu legen. Wäre es möglich gewesen, auch einen 360-Grad-Greenscreen zu nutzen, wäre eine noch deutlich verstärktere Interaktion mit der virtuellen Kulisse möglich gewesen.

Besonders zeigte sich, dass bei unserem Lehrforschungsprojekt nur der Sinn des Sehens beachtet worden war. Dirk Schart und Nathaly Tschanz beschreiben in ihrem Standardwerk „Augmented und Mixed Reality“ (Konstanz 2017, 2. Auflage: S. 70) für ein richtig immersives Erlebnis jedoch alle fünf Sinne: Neben dem Sehsinn sind dies der Hörsinn (akustisch), der Tastsinn (haptisch), das Riechen (olfaktorisch) und das Schmecken (gustatorisch). Insbesondere die Akustik gestaltete sich bei den Interviews im Rahmen der „SuperSommerSause“ als schwierig, weil die weiteren Bands bzw. Sänger teilweise im Hintergrund zu hören waren und damit die Illusion, dass die Interviews auf Mallorca geführt worden wären, hinfällig war.

Im Rahmen des gewählten Projekts konnte von den Studierenden überzeugend herausgearbeitet werden, worin der Mehrwert von Interviews in Virtual Reality liegt. Es konnten zudem ansatzweise neue Erzählformen ausprobiert werden. Allerdings zeigten sich auch hier Limitationen durch Reisekosten, den Zeitaufwand und erforderliche Drehgenehmigungen.

5. Fazit und Ausblick

Das Lehrforschungsprojekt hat eine gute Grundlage geschaffen, um weiterhin angewandte Forschung im Bereich Virtual Reality und 360 Grad im Journalismus und in der Unternehmenskommunikation an der TH Nürnberg zu betreiben und sich mit der stetig wachsenden VR-Szene im Großraum Nürnberg zu vernetzen (unter anderem auch über die „Nürnberg Web Week“). Weitere Unternehmen und eine Universität zeigen sich an einer Zusammenarbeit in diesem Feld stark interessiert, gemeinsame Forschungsarbeiten voranzutreiben. Dies liegt daran, dass immersive Medien aus einer Content-Perspektive im non-fiktionalen Bereich kaum erforscht werden.

Allerdings hat sich im Laufe des Jahres 2017 gezeigt, dass der Trend im Journalismus und in der Unternehmenskommunikation in Richtung Augmented und Mixed Reality geht, statt lediglich virtuelle Welten zu erschaffen. Hierbei sind weniger Datenbrillen als das Smartphone das Device der ersten Wahl. Dies stellt für die weiteren Forschungsarbeiten aber kein Problem dar, schließlich gilt im digitalen Journalismus ohnehin der Grundsatz,

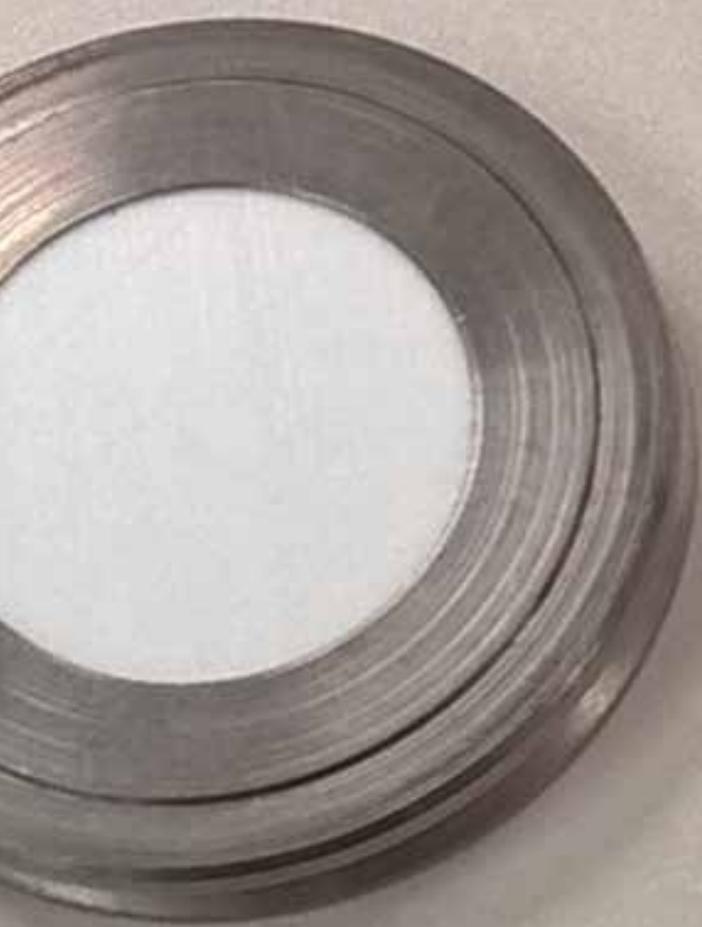
vom Thema her zu denken und sich erst danach die passende Technologie (wie immersive Medien, Newsgames, Infografiken, Videos oder Datenjournalismus) herauszusuchen.

Über VR-Storytelling im non-fiktionalen Bereich hielt Prof. Markus Kaiser während der Dauer des Lehrforschungsprojekts verschiedene Vorträge, unter anderem im September 2017 bei der Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Informatik in Chemnitz und ebenfalls im September 2017 bei einem Seminar der Hanns-Seidel-Stiftung auf Kloster Banz. Insbesondere konnte die Frage beantwortet werden, wie Journalismus durch Virtual Reality und 360 Grad authentischer werden kann.⁵

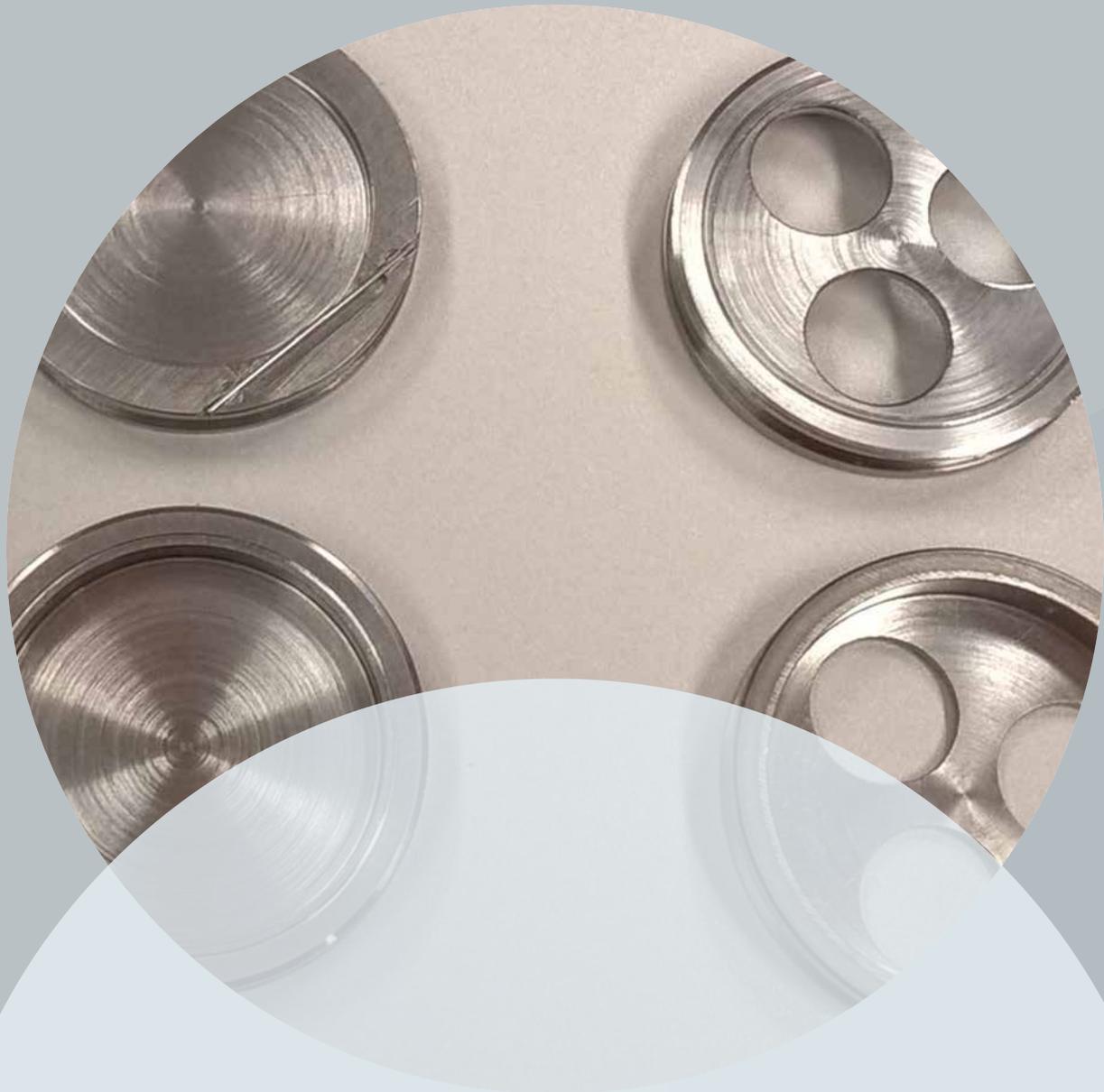
Letztlich konnte durch das Lehrforschungsprojekt die Fragestellung, wie ein Storytelling für immersive Medien aussehen muss, nur in ersten Ansätzen beantwortet werden. Es bedarf hier weiterer angewandter Forschung, unter anderem durch Einbeziehung von Rezipientenbefragungen und Eye-Tracking-Verfahren.

6. Literatur

- ¹ vgl. <http://www.cologne-it-summit.de/aktuelles/artikel/artikel/professor-markus-kaiser-th-nuernberg-spricht-beim-cologne-it-summit-113>, abgerufen am 08.11.2017
- ² <http://www.pwc.de/de/technologie-medien-und-telekommunikation/virtual-reality-der-durchbruch-fuer-den-gaming-markt.html>, abgerufen am 08.11.2017
- ³ Schart, Dirk: Die virtuelle Revolution: Augmented und Virtual Reality im digitalen Medienzeitalter, in: Kaiser, Markus (Hrsg.): Innovation in den Medien, München 2015 (2. Aufl.): S. 275.
- ⁴ vgl. <https://www.blm.de/aktivitaeten/innovatemediamedia/mediaprojects.cfm>, abgerufen am 08.11.2017
- ⁵ vgl. Kaiser, Markus: Virtual Reality, Live-Streaming & Co.: Wie digitaler Journalismus zu mehr Authentizität beiträgt, in: Eibl, Maximilian/Gaedke, Martin (Hrsg.): INFORMATIK 2017, Lecture Notes in Informatics (LNI), Bonn 2017, ISBN 978-3-88579-669-5: S.1811-1821).







Rapid Prototyping zur individuellen und kostengünstigen Herstellung von Probenhaltern für ein Röntgendiffraktometer

Prof. Dr.-Ing. Michael Koch
Raphael Zöller
Fakultät Maschinenbau und Versorgungstechnik
Prof. Dr. Uta Helbig
Fakultät Werkstofftechnik
TH Nürnberg

Wesentliche Projektziele

Die Proben in Röntgendiffraktometern werden zur Untersuchung in einen Probenhalter eingelegt. Weil die Herstellung eines Probenhalters aus Metall teuer und langwierig ist, zielt das vorliegende Lehrforschungsprojekt darauf ab, einen Weg zu finden, die Probenhalter schnell und kostengünstig herzustellen. Der verwendete Werkstoff muss eine ausreichende mechanische Festigkeit und eine hohe chemische Beständigkeit haben. Zudem darf er keine unerwünschten Messsignale liefern, der Werkstoff muss „röntgenamorph“ sein. Dieses Vorhaben wurde federführend von Studierenden der Fakultäten WT und MB/VS bearbeitet, die bei der Konstruktion der Probenhalter und bei der additiven Herstellung zusammen gearbeitet haben. Es konnte eine sehr vielversprechende Geometrie mit guten Durchstrahlungseigenschaften erreicht werden. Letztlich wies die chemische Beständigkeit der additiven Materialien zum Projektende noch Optimierungspotential auf.

1. Projektdaten

Fördersumme	5.600 Euro
Laufzeit	Januar bis Dezember 2017
Fakultät / Institut / Kompetenzzentrum	Institut OHM-CMP, Fakultät Werkstofftechnik, Fakultät Maschinenbau und Versorgungstechnik
Projektleitung	Prof. Dr.-Ing. Michael Koch
Kontaktdaten	E-Mail: michael.koch@th-nuernberg.de

2. Ausgangslage und Ziele des Forschungsprojekts

Das Ziel des Lehrforschungsprojektes ist es, zunächst durch Zuhilfenahme sogenannter „Desktop-3D-Drucker“ Probenhalter zu erstellen, die durch das Verfahren der Röntgenbeugung in der Analyse nicht sichtbar, also röntgenamorph, sind. Bei der Analyse tauchen so keine Reflexe des Probenhalters auf. Sofern dies nicht erreichbar ist, können auch Materialien verwendet werden, deren Phasen zumindest immer gleiche Reflexe bei der Analyse liefern, damit diese dann eindeutig zugeordnet werden können. Weiterhin ist eine hohe chemische Belastbarkeit der Probenhalter gewünscht, um eine ausreichende Stabilität sowohl bei der Probenvorbereitung als auch bei der Messung selbst zu gewährleisten.

Der Vorteil der additiv hergestellten Probenhalter ist zum einen, dass diese sehr kostengünstig hergestellt werden können. Zum anderen bietet die Möglichkeit des 3D-Drucks die Herstellung von angepassten Probenhaltern speziell für einzelne Proben. Außerdem können diese als „Einweg-Probenhalter“ verwendet werden und Materialien gemessen werden, die den Probenhalter unbrauchbar machen würden. Aus diesem Grund wird der Nachbau des Probenhalters gezielt chemischen Belastungen ausgesetzt, die die Beständigkeit des Werkstoffs feststellen sollen, um damit zu klären, welche Materialien gemessen werden können. Hierfür werden die verwendeten Kunststoffe zunächst mit 10mol Natronlauge, die auf eine Temperatur von 120°C erhitzt wurde, in Kontakt gebracht.

3. Herangehensweise und Lehrkontext

Das Ziel ist es, im Rahmen von studentischen Arbeiten die oben beschriebene Thematik zu klären. Das Projekt zielt darauf ab, einen Probenhalter zu entwickeln und das Probenhaltermaterial zu testen, so dass in Zukunft verstärkt selbstgedruckte Probenhalter verwendet werden können. Perspektivisch besteht über Prof. Dr. Uta Helbig bereits ein Kontakt zum DESY im Kontext mit dem derzeit laufenden Projekt Bild-C-TNT (Projekträger DFG, FKZ: HE 7821/1-1). Die Probenhalter könnten langfristig auch in derartigen Projekten bzw. Anlagen eingesetzt werden. Durchgeführt wurde das Projekt federführend von einem Studierenden der Fakultät WT, der während der Bearbeitung von einer Projektgruppe aus Studierenden der Fakultät MB/VS (Lehrveranstaltung „Projekt aus Konstruktion und Entwicklung“) unterstützt wurde.

Im Rahmen des Projektes wurde zuerst ein mögliches, additiv herstellbares Design eines Probenhalters entwickelt. Anschließend erfolgten Röntgenbeugungstests möglicher Materialien und letztendlich eine chemische Stabilitätsuntersuchung in Natronlauge. Für diese Untersuchungen wurden spezielle Prüfkörper entwickelt.

4. Forschungsergebnisse und Nachhaltigkeit/Verwertung

Entwicklung der Probenhalter-Geometrie

Zunächst wurden der Standard-Probenhalter und eine Probenscheibe mittels Messgeräten erfasst. Da bei den Nachbauten nur Kunststoffe verwendet werden sollten, wird eine andere Verschlussmechanik statt der üblichen Federn (Abbildung 1, Mitte oben) benötigt.



Abbildung 1: Standard-Probenhalter, links oben mit Probenscheibe (weiß). Foto: Raphael Zöllner

Anhand des ermittelten Bauraums haben die Studierenden einen neuen Probenhalter entworfen. Die Grundabmessungen mussten hierbei gleichbleiben, weil es sonst zu Verkantungen oder anderen Einschränkungen während der Messung kommen könnte. Das Forschungsteam hat darauf geachtet, dass der Standard-Probenhalter

auf der Unterseite ausgefräst ist. Diese Abstufung dient der Arretierung im Messbereich. Des Weiteren verfügt der Probenhalter über keine durchgehende Mantelfläche, er weist im Mittelteil einen kleineren Durchmesser auf. An dieser Stelle setzt der Greifer an, der den Halter später in den Messbereich stellt. All diese Randbedingungen machen eine Darstellung als additiv gefertigtes Bauteil schwieriger, weil viele Bereiche zum Teil weitläufige Überhänge aufweisen, die eine Stützkonstruktion benötigen.



Abbildung 2: Nachbau-Probenhalter (erste Version). Foto: Raphael Zöllner

In Abbildung 2 ist die erste Version des nachgebauten Probenhalters zu sehen. Dieser hat am Deckel und an der Bodeneinheit ein Gewinde (blaue Pfeile). Der Deckel wird also nicht wie beim Original aufgesteckt, sondern aufgeschraubt. Problematisch bei dieser Version des Probehalters ist der Kragen am Deckel (roter Pfeil), weil beim „Backloading“-Verfahren der Deckel in der dargestellten Position befüllt wird. Dadurch wird überschüssiges Probenmaterial in die Nut abgestrichen und eine passgenaue Montage von Boden und Deckel verhindert.

Insgesamt entstanden so fünf Versionen des additiv hergestellten Probenhalters. Da als Verbindungstechnik zwischen den einzelnen Bauteilen des Probenhalters letztlich zwei filigrane Schraubverbindungen verwendet wurden, waren Herstellungsversuche mit verschiedenen Parametern und Toleranzabschätzungen erforderlich, um ein optimales Ergebnis zu erreichen. Abbildung 3 zeigt einen Schnitt durch den fertigen Probenhalter. Dieser besteht nun aus vier zusammenschraubbaren Einzelteilen. Durch diese Teilung können sämtliche Elemente so gedruckt werden, dass keine Überhänge vorhanden sind, die unterstützt werden müssten. Da die Unterseite nun ebenfalls schraubbar gestaltet wurde, kann diese flach auf dem Druckbett aufliegen, wodurch die unsauberen Überhänge beim Druck nicht länger gegeben sind.

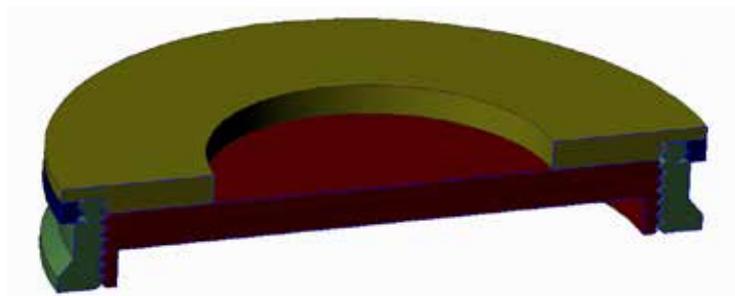


Abbildung 3: Optimierter Nachbau-Probenhalter mit zwei Schraubverbindungen. Grafik: Raphael Zöllner

Entwicklung einer einfachen Materialproben-Geometrie

Als eine günstige Alternative für die Charakterisierung des Werkstoffs per Röntgenbeugung und die Beständigkeitsprüfung wurde eine gedruckte Probenscheibe mit einem Durchmesser von 31,5 mm und einer Dicke von 3 mm verwendet. Diese Scheiben konnten im Folgenden in den Original-Probenhalter eingelegt, mit einer Feder arretiert und durch das Diffraktometer analysiert werden. Für die Röntgenbeugung wurden mehrere Scheiben in unterschiedlichen Farben gedruckt. Dies diente im ersten Schritt dazu, zu prüfen, ob auftretende Reflexe bei mehreren Scheiben einer Farbe immer gleichbleibend sind und zum anderen, um Auswirkungen durch Farbpigmente im Filament festzustellen. Die Druckzeit einer Scheibe war mit ca. 20 Minuten gering, weswegen der Aufwand und die Kosten für die folgende Beständigkeitsprüfung vertretbar waren.

Charakterisierung durch Röntgenbeugung

Verschiedene Proben wurden im Röntgendiffraktometer untersucht. Ein beispielhaftes Diagramm ist in Abbildung 4 für eine Probe aus weißem und farblosem Polylactid (PLA) dargestellt. Die Auswertung ergab einen typischen Kurvenverlauf für amorphe Kunststoffe. Die angezeigten Reflexe der weißen Probe sind der Titanoxidmodifikation Rutil zuzuordnen. Titanoxidpigmente werden in diesem Fall zur Färbung des Kunststoffes benutzt. Da PLA in der Regel ohne Zugabe von Pigmenten farblos ist, wurde aus dem entsprechenden Filament eine weitere Probenscheibe hergestellt und getestet. Die im Beugungsdiagramm blau dargestellte Kurve zeigt nun keinerlei Reflexe, für die Materialkarten im System vorhanden sind. Die Anforderung, dass der Probenhalter für den Detektor nicht sichtbar sein soll, wird somit von farblosem PLA-Kunststoff erfüllt.

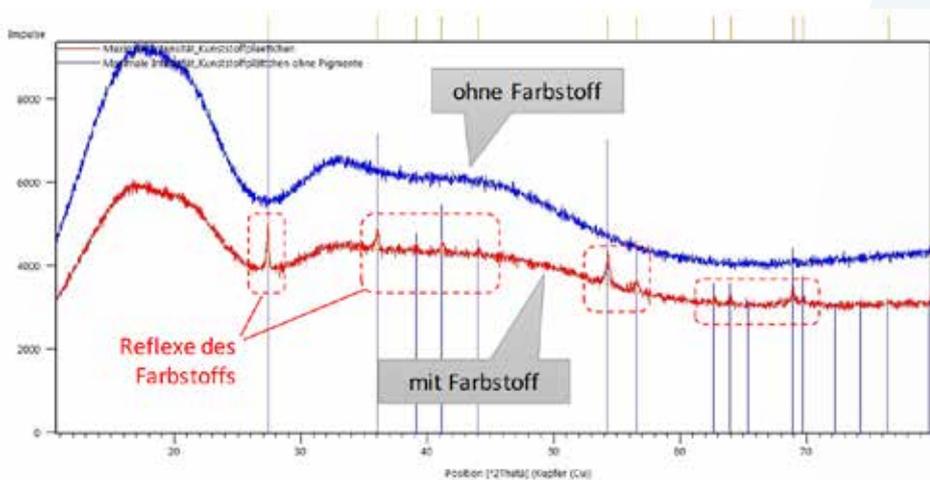


Abbildung 4: Beugungsdiagramm. Grafik: Raphael Zöllner

Chemische Beständigkeit

Die Versuche zur chemischen Beständigkeit von Acrylnitril-Butadien-Styrol (ABS) und PLA zeigten, dass die Kunststoffe weniger für die Natronlauge anfällig sind als für die Temperatur von 120°C. ABS zeigte hierbei erwartungsgemäß eine bessere Formbeständigkeit als PLA, wobei die Verformung bereits nach wenigen Minuten eingetreten ist.

Polycarbonat (PC) und Acrylnitril-Styrol-Acrylat (ASA) zeigten anfangs eine bessere Formbeständigkeit. Nach einer Dauer von etwa drei Stunden nahm die Verformung stark zu und der Kunststoff begann aufzuquellen (siehe

Abbildung 5). Die Epoxidharzproben haben die beste Resistenz gegen den Laugenangriff aufgezeigt. Nach ca. vier Stunden war nur ein geringes Aufschwämmen zu sehen. Es gab keine Abweichung der ursprünglichen Maße. Allerdings kam es zu einer starken Versprödung des Materials, die bei geringer Krafteinwirkung zum Bruch führte. Der Deckel aus Epoxidharz auf der Probenflasche wies keine dieser Schäden auf. Der entstehende Wasserdampf reichte nicht aus, um das Bauteil zu beschädigen.



Abbildung 5: Ergebnisse der Materialprüfungen in Natronlauge für verschiedene Materialien. Foto: Raphael Zöllner

Eine passende Alternative für den Werkstoff könnte Polytetrafluorethylen (PTFE) bieten. Der Werkstoff ist aber derzeit zumindest von Desktop-3D-Druckern nicht verarbeitbar.

5. Fazit und Ausblick

Die Herstellung günstiger Probenhalter für die Röntgenbeugung ist zunächst machbar, weil durch die vielseitigen Möglichkeiten, die der 3D-Druck bietet, individuelle, auf die Probe zugeschnittene Probenhalter schnell und kostengünstig hergestellt werden können. Auf Grund der Tatsache, dass die mittels Desktop-3D-Druckern verarbeitbaren Materialien nicht die benötigte Beständigkeit in Natronlauge aufweisen, sollte nach einem Weg gesucht werden, PTFE bzw. Kunststoffe ähnlicher Eigenschaften über ein geeignetes Formgebungsverfahren herzustellen. Bis ein solcher Werkstoff vorliegt, erfüllt aber transparentes PLA in Kombination mit dem entwickelten Probenhalterdesign (bis auf die Anwendung in Natronlauge) die Anforderung sehr gut.







Akeakamai 3D Cave Survey Hawaii 2017

Ein interdisziplinäres Projektseminar der Technischen Hochschule Nürnberg - Fakultät BI,
der Ruhr Universität Bochum - Arbeitsgruppe Höhlen- und U-Bahn- Klimatologie
und der Humboldt Universität zu Berlin - Geographie

Prof. Dipl.-Ing. Werner Krick
Dipl.-Ing.(FH) Thomas Killing
Fakultät Bauingenieurwesen
TH Nürnberg

Die Fakultät Bauingenieurwesen hat Anfang März 2017 an einem gemeinsamen Projektseminar der Ruhr-Universität Bochum RUB, der Humboldt Universität zu Berlin und der TH Nürnberg auf Hawaii teilgenommen.

Bei diesem interdisziplinären Projekt haben Studierende der Fachrichtungen Bauingenieurwesen und Geographie gemeinsam drei Lavahöhlen und das darüber liegende Gelände mit einem Laserscanner und einem Multikopter vermessen. Das Ziel war es, aus den gewonnenen Daten Raummodelle der Höhlen zu erstellen, die nicht nur die Höhlen selbst abbilden, sondern auch deren exakte Lage im Boden. Anhand dieser Modelle wollen die Geographinnen und Geographen u.a. den Wärmestrom von der Geländeoberfläche durch das Lavagestein in die Höhlen hinein untersuchen.

Wesentliche Projektziele

Da Ingenieurinnen und Ingenieure sowie Geographinnen und Geographen mitunter unterschiedliche Ansätze verfolgen, um Problemstellungen zu lösen, war die erfolgreiche Zusammenarbeit für alle Beteiligten eine Bereicherung. Die entstandenen Raummodelle übertreffen die Erwartungen und bieten eine Grundlage für weiterführende Abschlussarbeiten, die sich mit der erreichbaren Genauigkeit und der Optimierung des Vermessungsverfahrens beschäftigen.

1. Projektdaten

Fördersumme	4.400 Euro
Laufzeit	Februar bis September 2017
Fakultät / Institut / Kompetenzzentrum	Fakultät Bauingenieurwesen
Projektleitung	Prof. Dipl.-Ing. Werner Krick
Kontaktdaten	E-Mail: werner.krick@th-nuernberg.de

2. Ausgangslage und Ziele des Forschungsprojekts

Prof. Dr. Andreas Pflitsch, Leiter der Arbeitsgruppe Höhlen- und U-Bahn-Klimatologie an der RUB, betreibt auf Big Island, Hawaii, das Akeakamai Forschungszentrum. In verschiedenen Lavahöhlen mit fest installierten Klimasensoren erheben die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des Zentrums grundlegende Daten zur Höhlenklimatologie. Um den Wärmestrom durch die Höhlendecken ableiten zu können, benötigt die Arbeitsgruppe 3D Raummodelle ihrer Forschungshöhlen, die nicht nur die eigentlichen Höhlen, sondern auch deren genaue Lage im Boden abbilden.

Im Bereich Bauingenieurwesen findet bei der Planung von Bauwerken ein Paradigmenwechsel von der zwei- zur dreidimensionalen Planung statt. Zur Integration von Bestandsgebäuden oder Geländeteilen in 3D-CAD-Programme müssen diese zuvor örtlich aufgenommen und digital aufbereitet werden.

Seit etwa vier Jahren ist die Fakultät Bauingenieurwesen der TH Nürnberg auf diesem Gebiet tätig und verfügt neben der hierfür erforderlichen Ausrüstung (3D-Laserscanner, zwei Drohnen für fotogrammetrische Aufnahmen, 3D-EDV-Hardware, Software) auch über das zugehörige Fachwissen.

So entstand die Idee eines gemeinsamen Projektseminars, an dem nicht nur Studierende der RUB und der TH Nürnberg teilgenommen haben, sondern auch Studierende der Humboldt Universität zu Berlin.

Bei der 3D-Vermessung finden zwei Verfahren Anwendung. Räumlich abgegrenzte Bereiche (Gebäude, Höhlen) werden mit einem 3D-Laserscanner aufgenommen. Der Li-Scanner ist in der Lage, bis zu 976.000 Punkte pro Sekunde aufzunehmen. Als Ergebnis wird eine räumliche Punktwolke ausgegeben, deren Genauigkeit bei rund 2 mm liegt.

Schlecht einsehbare Bereiche (Dächer) und große Flächen (Gelände) werden mittels luftbildgestützter Fotogrammetrie erfasst. Hier muss die Punktwolke erst mit geeigneten Programmen aus den aufgenommenen Luftbildern errechnet werden. Die erreichbare Messgenauigkeit hängt bei diesem Verfahren von vielen Faktoren ab.

Einige davon können nicht verändert werden. Das umfasst zum einen die „inneren Orientierungen“: Kameraauflösung, Verzerrung der Optik, Lage der optischen Achse zum Bildsensor (Fertigungsungenauigkeiten), Vergütung der Optik (Chromatische Aberrationen). Diese Parameter sind mit der Auswahl der Kamera festgelegt. Zum anderen wirkt sich der Kontrast der aufgenommenen Objekte auf das Ergebnis aus. Je mehr Punkte auf sich überlappenden Fotos erkannt werden, desto kleiner sind die Fehler in der Punktwolke. Einfarbige, nasse, durchsichtige oder reflektierende Oberflächen ergeben Lücken in der Punktwolke.

Es gibt aber auch Faktoren, auf die während der Befliegung Einfluss genommen werden kann: Kamerawinkel, Flughöhe, Überlappung der Fotos. Die Flughöhe legt nicht nur die erforderliche Anzahl der benötigten Fotos fest. Zusammen mit der Kameraauflösung bestimmt sie auch die maximal mögliche Auflösung pro Pixel, die gleichzeitig die maximal erreichbare Genauigkeit des Verfahrens darstellt.

Das Projektseminar verfolgt verschiedene Ziele. Die Fotogrammetrie bietet durch das Verändern der beeinflussbaren Parameter ein experimentelles Forschungsgebiet, bei dem es darum geht, das Verfahren hinsichtlich der Genauigkeit und Wirtschaftlichkeit zu optimieren. Große Flughöhen bedeuten weniger Fotos, damit weniger erforderliche Rechenzeit, aber gleichzeitig schlechtere Auflösung und somit eine geringere Präzision. Einen ähnlichen Einfluss hat die Überlappung der Fotos in Flugrichtung und seitlich dazu.

Um Grundrisse genau zu erfassen, ist ein Kamerawinkel von 90° (parallel zum Boden) optimal, senkrechte Wände / Fassaden benötigen einen Winkel von 0° (in Flugrichtung). Will man beides aufnehmen, spart man durch die Befliegung mit einem Kamerawinkel von 45° Zeit. Ob das Ergebnis dann aber ebenso genau ist, wie bei zwei Einzelbefliegungen mit 0° und 90° , muss durch Referenzmessungen überprüft werden.

Das Ziel ist es, die jeweils günstigsten Parameter für verschiedene Einsatzzwecke (Erstellung von Schnitten, Massenermittlung von Erdvolumen, fotorealistische 3D-Darstellung) durch Versuchsreihen zu ermitteln.

Das Zusammenfügen der Punktwolken aus Fotogrammetrie und Laserscanner bietet ebenfalls einen Ansatz zur experimentellen Forschung. Hier gibt es keine Standardverfahren. Beide Systeme liefern Punktwolken, die im Fall der Höhlen einmal die Höhle (Scanner) und einmal das Gelände (Kopter) abbilden. Die Schwierigkeit besteht nun darin, beide Punktwolken an der Schnittstelle „Höhleneingang“ zu einer Gesamtpunktwolke zusammenzusetzen. Dazu müssen in den Punktwolken Punktbereiche erkennbar sein, die in beiden Wolken vorhanden sind.

Das können Marker sein, aber auch markante Geländeformationen. Diese Bereiche müssen dann in allen drei Dimensionen exakt übereinandergelegt werden, was in der Regel nur von Hand durchgeführt zu genauen Resultaten führt.

Ein weiteres Ziel ist es, für die jeweils gewünschten Ergebnisse (Erstellung von Schnitten, Massenermittlung von Erdvolumen, fotorealistische 3D-Darstellung), eine Art Workflow zu erstellen. Die Problematik liegt darin, dass es nicht eine einzelne Softwarelösung zur Bearbeitung gibt, die alle Ergebnisse liefert. Es ist immer eine unterschiedliche Kombination aus geeigneten Programmen erforderlich, um zu einem Resultat zu kommen.

3. Herangehensweise und Lehrkontext

Im Bereich des Bauingenieurwesens lernen die Studierenden, Nachweise zur Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit zu führen und Bemessungen anzufertigen. Durch das Forschungsprojekt erhielten die Studierenden die Gelegenheit, wissenschaftliches Arbeiten kennenzulernen. Dazu trug besonders das interdisziplinäre Arbeiten mit Studierenden der Geographie bei, die während ihres Studiums überwiegend forschend tätig sind. Im Gegenzug dazu lernten die Geographinnen und Geographen verschiedene Vermessungsmethoden der Ingenieurinnen und Ingenieure kennen.

Die Fakultät Bauingenieurwesen hat zur Förderung wissenschaftlichen Arbeitens vor vielen Jahren die Studentische Forschungsgruppe STUFO ins Leben gerufen. In Form eines Wahlfachs können Studierende unterschiedlichste Projekte eigenständig bearbeiten. Auch die gewonnenen Daten aus diesem Forschungsprojekt sollen Studierende später im Rahmen eines STUFO Projekts auswerten.

Vorbereitung

Das Wahlfach „3D Gelände- und Gebäudeaufnahme mittels luftbildgestützter Fotogrammetrie und Laserscanner“ vermittelte den beteiligten BI-Studierenden die erforderlichen Grundlagen beider Vermessungsverfahren.

3D Laserscann: Um den sicheren Scannereinsatz in der Dunkelheit der Höhlen zu üben, wurde im Januar 2017 die „Höhle ohne Namen“ auf der Hersbrucker Alb vermessen. Da in dieser Karsthöhle andere Gesteinsoberflächen vorhanden sind als in Lavahöhlen, wurde im Vorfeld Kontakt mit dem Geologen Prof. Dr. Stephan Kempe von der Technischen Universität Darmstadt aufgenommen. Er hatte bereits mit dem gleichen Scannertyp andere Lavahöhlen auf Hawaii vermessen, allerdings ohne das darüberliegende Gelände zu erfassen. Da er sich während des Projektseminars ebenfalls auf Big Island aufhielt, stand er vor Ort beratend zur Seite.

Fotogrammetrie: Auf der hochschuleigenen Baustelle „Neubau Infozentrum“, die sich zu diesem Zeitpunkt noch im Aushubstadium befand, haben die Studierenden Versuche mit verschiedenen Marker-Typen gemacht, die sowohl vom Kopter als auch vom Scanner erkannt werden mussten. Schachbrettmarker der Größe DIN-A3 erwiesen sich als beste Lösung. Die Flughöhen lagen dabei zwischen 30 m und 50 m.

Flug-Genehmigungen: Da der Kopter im Luftraum der USA eingesetzt wurde, mussten die Projektverantwortlichen einige rechtliche Punkte bereits vor der Beantragung dieses Forschungsprojekts mit der FAA (Federal

Aviation Administration) klären. Vermessungsflüge mit sogenannten „Unmanned Aerial Systems“ (UAS) werden in den USA grundsätzlich als gewerbliche Einsätze bewertet. Das bedeutete (Stand Mitte 2016), dass neben der schriftlichen Registrierung des Kopters auch der Besitz eines von der FAA anerkannten Drohnenführerscheins erforderlich ist. Gewerbliche Einsätze durch Ausländer erfordern in den USA aber auch, dass diese eine entsprechende Arbeitserlaubnis besitzen. Diese Punkte hätten das Projekt beinahe gefährdet. Da das Projektteam als Hochschule die Flüge im Rahmen der Studierendenausbildung durchführen wollte, hatte die FAA den Einsatz als „Foreign Educational Use“ eingestuft. Damit konnte das Team ohne Drohnenführerschein nach einer vereinfachten Online-Registrierung des Quadropters auf Hawaii fliegen.

Eine der aufzunehmenden Höhlen liegt direkt im Naturschutzgebiet am Kraterrand des Vulkans Mauna Loa. Dort sind UAS Einsätze streng verboten. Daher erwirkten die Projektverantwortlichen beim Hawaiian Volcano Observatory (HVO), einer Unterorganisation der USGS, eine zeitlich beschränkte Fluggenehmigung.

Durchführung

Höhlen- und Geländevermessungen

Akeakamai: Die an das Camp angrenzende Akeakamai-Höhle hat eine Länge von rund 1,2 km. Sie ist teilweise extrem eng. Daher wurde zuerst nur ein ca. 200 m langer Teil um Eingang 1 herum gescannt. In diesem Bereich liegt das Klima-Messfeld der Bochumer Arbeitsgruppe. Da sich das Projektteam in dieser Höhle meistens nur kriechend fortbewegen konnte, waren zum Scannen immer maximal zwei Personen in der Höhle. In diesem Bereich haben die Studierenden 30 Scans durchgeführt. Parallel dazu hat das Team das Gelände über der gesamten Höhle mit dem Multikopter befliegen. Die Scanner- und Kopterdaten dieser Höhle sind Grundlage für die Masterarbeit eines Studierenden der RUB. Aus diesem Grund wurde allein der Bereich des eigentlichen Messfelds 12 mal mit verschiedenen Kurs- und Kamerawinkeln abgeflogen. Da keine Georeferenzierung möglich war, wurden zur Steigerung der Genauigkeit Kreuzbefliegungen mit wechselnder Höhe durchgeführt. So entstanden 1.793 Luftaufnahmen. Das erfasste Gelände hat eine Fläche von 15 Hektar. Später wurden noch gut 50 m Höhle im Bereich von Eingang 2 aufgenommen. Dazu waren 14 Scans notwendig.

Kulakai: Bei dieser Höhle handelt es sich um eine zum Teil erschlossene Besucherhöhle. Sie bot im Gegensatz zu den beiden anderen vermessenen Höhlen den Vorteil, dass die Lehrenden hier auch einer größeren Anzahl von Geographie-Studierenden das Prinzip des Laserscannens zeigen konnten. Im Projektseminar sollten die Studierenden eigene Forschungsideen einbringen. So plante ein Studierender die Scannerdaten dieser Höhle dazu zu verwenden, um sie mit einer VR-Brille virtuell begehrbar zu machen. Eine Studierende beschäftigt sich mit dem Biomattenbewuchs in der Kulakai Höhle. Aus diesen Matten werden beispielsweise Grundstoffe für Arzneimittel gewonnen. Um herauszufinden, warum diese Matten in manchen Bereichen vorhanden sind, in anderen aber nicht, war eine genaue Kartierung erforderlich. Hierzu haben die Studierenden im Bereich der Matten Schachbrettmarker ausgelegt, die sie beim Scannen mit aufgenommen haben. Da der Scanner Biomatten nicht erfassen kann, hat das Projektteam diese mit einer lichtstarken Kamera überlappend fotografiert, um sie fotogrammetrisch ebenfalls in eine Punktwolke zu überführen. Diese sollte später über den Höhlenscan gelegt werden. Das

Team hat von der mehrere Kilometer langen Höhle innerhalb von zwei Tagen einen 500 m langen Abschnitt gescannt. Da die Höhle mit Privathäusern überbaut ist, konnten die Studierenden das Gelände nicht überfliegen.

Mauna Loa Ice Cave: Die auf 3.800 m über N.N. liegende Eishöhle befindet sich am Kraterrand des Mauna Loa, einem der größten aktiven Vulkane der Erde. Sie hat eine Länge von rund 400 m und darf nur mit Forschungsgenehmigung des HVO betreten werden. Daher war nur ein kleines Team mit sieben Teilnehmerinnen und Teilnehmern am Berg tätig. Um die Klimamessungen in der Höhle nicht zu beeinflussen, durften sich immer nur maximal drei Personen im Inneren aufhalten. Trotzdem stieg die Temperatur im Bereich des Messfeldes während des Scanvorgangs um 1,5°C an. Zur Aufnahme der gesamten Höhle waren 47 Scans erforderlich. Diese haben zwei Studierende (ein Bauingenieur und ein Geograph) angefertigt, während Prof. Dr. Andreas Pflitsch als Ortskundiger für die Sicherheit in der Höhle verantwortlich war. Beim Befliegen der Geländefläche hat das Team 728 Luftbilder gemacht, sie bilden einen Bereich von gut 300 m x 400 m ab. Wegen der fehlenden Möglichkeit der Georeferenzierung hat das Projektteam auch diese Höhle kreuzweise in zwei Richtungen befliegen.

4. Forschungsergebnisse und Nachhaltigkeit / Verwertung

Auswertung

Mit dem ersten Ziel des Forschungsprojekts, dem Einfluss der veränderbaren Parameter auf die Genauigkeit und Wirtschaftlichkeit der fotogrammetrischen Auswertung von Luftbildern, befasst sich die Masterarbeit eines Studierenden der RUB. Hierzu wertet er die Daten der Akeakamai Höhle aus, da dort das Messfeld mehrfach mit veränderten Einstellungen befliegen wurde. Der Student absolviert gerade ein Praktikumssemester, daher beginnt die Auswertung erst im Sommersemester 2018.

Das Zusammenfügen der Punktwolken aus Fotogrammetrie und Laserscanner, das Anfertigen von Raummodellen und Geländeschnitten sowie die Erstellung von Videobefliegungen der entstandenen 3D-Modelle waren die Ziele, mit denen sich die BI Studierenden im Rahmen des Wahlfachs STUFO im Sommersemester 2017 beschäftigt haben. Dabei hat sich herausgestellt, dass es trotz der Versprechungen einiger Softwarehersteller leider kein Programm gibt, das den gesamten Workflow zufriedenstellend als „All-in-One“ Lösung liefern kann. Ein Produkt bietet zwar alle Funktionen, scheitert dann aber an der Menge der zu verarbeitenden Daten. Kleine Bereiche mit maximal 70 Luftbildern und wenigen Scans, wie sie bei Gebäuden üblich sind, lassen sich damit als Komplettlösung bearbeiten. Raummodelle in der Größenordnung der untersuchten Höhlen verlangen aber nach einer Lösung, bei der das Team die einzelnen Arbeitsschritte mit unterschiedlichen Programmen bearbeitet.

Folgende Arbeitsabläufe haben sich als geeignet herausgestellt:

- Die Stationierung der einzelnen Scans zu einer Gesamtpunktwolke erfolgte mit Faro SCENE 6.2, einem Programm des Scanner-Herstellers
- Aus den Luftaufnahmen wurden mit Agisoft PhotoScan Professional eine dichte Punktwolke erzeugt. Dabei war es auch möglich, die 1.793 Luftaufnahmen der Akeakamai Höhle gleichzeitig zu verarbeiten, wozu dann aber mehrere Tage Rechenzeit benötigt wurden
- Zur Weiterverarbeitung mussten beide Punktwolken in das E57-Dateiformat überführt werden

- Da die Punktwolken der Laserscans sehr groß waren, mussten Scanner- und Fotogrammetriewolke vor dem Zusammenfügen mit einem einheitlichen Punkteabstand von 5 mm homogenisiert werden, was zu einer Reduzierung der Punktemengen führte
- Zusammengefügt wurden die Punktwolken dann mit Cloud Compare, einem Open Source Programm
- Zur Visualisierung des Raummodells ist AUTODESK RECAP PRO gut geeignet, da dieses Programm auch große Punktwolken flüssig darstellen kann. Mit diesem Programm wurden auch die virtuellen Begehungen der Modelle erstellt.
- Die Schnitte durch die Raummodelle, aus denen die Geographen die für ihre klimatologischen Fragestellungen wichtigen Größen wie Überdeckung und Geländeneigung ermitteln können, wurden mit AUTODESK REVIT erzeugt. Dieses Programm kann die zuvor erstellten RECAP Dateien direkt verarbeiten.

Ergebnisse

Mit dem zuvor beschriebenen Workflow lassen sich exakte Raummodelle großer Geländeflächen erstellen.

Im Rahmen des Wahlfachs STUFO hat das Projektteam die **Kulakai** Höhle aufgrund fehlender Flugdaten als reines Höhlenmodell zusammengesetzt. Dieses wurde den beiden Studierenden zur Verfügung gestellt, die sich im Rahmen ihres Geographiestudiums mit der Erzeugung eines mit VR-Brille begehbaren Höhlenmodells und der Kartierung der Biomatten beschäftigen.

Von der **Akeakamai** Höhle hat das Team ein rund 15 Hektar abbildendes Geländemodell erzeugt, welches sie um die beiden Eingänge herum mit den gescannten Höhlenbereichen zu einem Gesamtmodell ergänzten.

Im Bereich des Messfeldes hat das Projektteam Längs- und Querschnitte durch die Höhle gelegt. Sie dienen der Bochumer Arbeitsgruppe zur Ermittlung der für sie wichtigen Profildaten zur Klimaforschung.

Da sich im Bereich des Messfeldes eine Bohrung von der Geländeoberkante in die Höhle hinein befindet, konnte das Team über die Bohrlochlänge prüfen, wie genau beide Punktwolken räumlich zusammengesetzt wurden. Die reale Bohrlochlänge betrug 71 cm, im Raummodell ergab ein Schnitt durch das Bohrloch in Nord / Süd Richtung einen Wert von 71,5 cm und in West / Ost Richtung von 71 cm.

Dass die maximale Abweichung hier nur 5 mm betrug, täuscht eine etwas zu hohe Genauigkeit vor. Aus der Flughöhe ergab sich eine Auflösung von 1,3 cm / Pixel als maximal mögliche Genauigkeit, was in der Realität einer Messgenauigkeit von 2-3 cm entsprechen dürfte. Dennoch zeigt der Wert, dass sich die Punktwolken von Laserscanner und Fotogrammetrie mit Hilfe von Schachbrettmarkern sehr genau zusammenfügen lassen.

Da die **Mauna Loa Ice Cave** auf voller Länge gescannt wurde, konnte sie als vollständiges Raummodell abgebildet werden. Im Modell erkannte man im unteren Drittel eine Auswölbung in der Höhle und eine Einbuchtung im Gelände. Hier liegt wahrscheinlich der seit langem gesuchte zweite Eingang der Höhle, der bisher nicht gefunden wurde. Da die Bochumer Arbeitsgruppe auch in dieser Höhle ein Klima-Messfeld betreibt, kann sie durch dieses Modell ebenfalls Schnitte zur Profilermittlung legen.

Die beiden Raummodelle der Akeakamai Höhle und der Mauna Loa Ice Cave werden von der Bochumer Arbeitsgruppe Höhlen- und U-Bahnklimatologie genutzt, um Profile zu erzeugen, mit denen das Team den Wärmestrom von der Geländeoberkante über die Lavadecke in die Höhlen hinein ermitteln kann. Diese Grundlagenforschung dient u.a. dazu, zu erforschen, ob sich in U-Bahnsystemen die Abwärme der Fahrzeuge teilweise unter Nutzung des Wärmestroms durch die Wände und Decke hindurch abführen lässt.

Die Ergebnisse der Masterarbeit zur Optimierung von fotogrammetrischen Aufnahmen durch Verändern der beeinflussbaren Parameter werden der TH Nürnberg nach Abschluss der Arbeit zur Verfügung gestellt. Sie ermöglichen es Prof. Dipl.-Ing. Werner Krick und den Studierenden zukünftig, den jeweiligen Aufgabenstellungen angepasste Fotoserien zu erstellen, um mit möglichst wenigen Aufnahmen (Rechenzeit) ein optimales Ergebnis zu erzielen.

Für die Fakultät Bauingenieurwesen sind die entstandenen Raummodelle der Höhlen zwar nicht direkt verwertbar, der von den Studierenden selbständig erarbeitete Workflow zum fertigen Raummodell dagegen schon. Die am Markt vorhandenen Programme zur Weiterverarbeitung der entstandenen Punktwolken sind darauf ausgelegt, Gebäude und kleinere Geländebereiche zu verarbeiten. Bei den im Projekt erfassten Flächengrößen von 12 bis 15 Hektar sind sie nicht mehr in der Lage, dieses zu leisten. Jedes Programm für sich hat Stärken und Schwächen. Im Rahmen der STUFO haben sich die Studierenden damit beschäftigt, die Stärken der jeweiligen Programme zu nutzen, um damit einzelne Arbeitsschritte abzuarbeiten. Die geschickte Kombination der Programmstärken führt dann zu einem insgesamt überzeugenden Ergebnis.

5. Fazit und Ausblick

Mit dem erarbeiteten Ablaufschema ist das Team zukünftig in der Lage, großflächige Geländebereiche wirtschaftlich schnell und genau aufzunehmen. Die gewonnenen Erkenntnisse konnte ein Studierender der Fakultät Bauingenieurwesen bereits für ein weiteres Projekt aus dem Bereich der Auftragsforschung verwenden, bei dem es darum geht, großflächig instabile Böschungsbereiche zu überwachen, die sich auf Grund von Sedimenttransport ständig verändern. Die Untersuchungen und Auswertungen hierzu werden von dem Studierenden, der auch am Projektseminar auf Hawaii teilgenommen hat, im Rahmen seiner Masterarbeit bearbeitet. In dieser Abschlussarbeit macht er auch weiterführende Versuche zur Messunsicherheit der fotogrammetrischen Geländeaufnahme. Dazu hat er auf dem Segelfluggelände Altdorf bei Nürnberg ein Referenzfeld aus verschiedenen Markern und geometrischen Körpern aufgebaut, das die Drohne anschließend beflog.

Sowohl die völlig selbständige Entwicklung eines optimierten Workflows zur Geländeaufnahme im Rahmen der STUFO, als auch diese Masterarbeit zeigen, dass die beteiligten Studierenden die sich ergebenden Problem- und Fragestellungen mit wissenschaftlichen Ansätzen bearbeiten und lösen konnten.

Auf dem Fachkongress BauScan 2017 in Magdeburg wurde das Projekt im Rahmen eines Vortrags vorgestellt.

In der Nacht vom 14. auf den 15. Dezember 2017 wurde zusammen mit dem Team der RUB und Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern des Forschungszentrums Jülich versucht, eine U-Bahnstation in Bochum durch Kopterbefliegung in Kombination mit dem Laserscanner aufzunehmen. Wenn die Resultate dieses Versuchs erfolgsversprechend sind, soll daraus ein gemeinsamer Forschungsantrag entstehen.

Sowohl für die beteiligten Studierenden als auch für die Lehrenden war die interdisziplinäre Zusammenarbeit mit einer „fachfremden“ Studienrichtung eine wertvolle Erfahrung. Da das Camp nicht mehr Platz bot, war die Gesamt-Teilnehmerzahl auf 20 Studierende begrenzt.

Ein Video des fertigen Raummodells einer Höhle kann über folgenden Link betrachtet werden:



<https://vimeo.com/244964996>

Kennwort zum Anschauen des Videos: Lava



Abbildung 1: Das Team der TH Nürnberg vor der Kulakai-Höhle.
Foto: Thomas Killing



Abbildung 2: Scannen der Akeakamai-Höhle im Bereich des Klima-Messfeldes. Foto: Thomas Killing



Abbildung 3: Höhleneingang Akeakamai. Foto: Thomas Killing

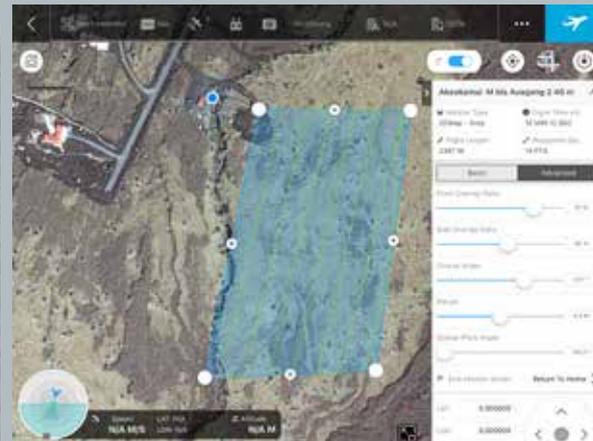


Abbildung 4: Flugplanung mit der DJI Ground Station Pro.
Foto: Thomas Killing



Abbildung 5: Datenauswertung im Camp. Foto: Thomas Killing

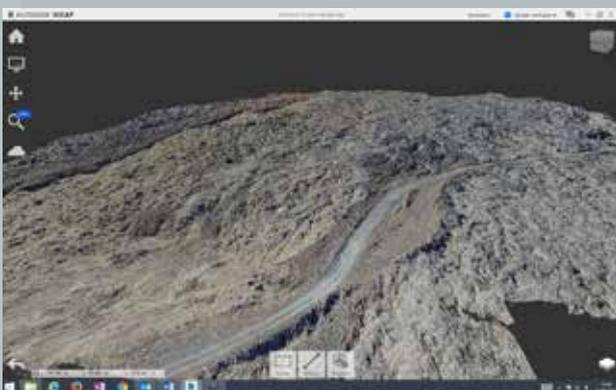


Abbildung 6: Geländemodell der Mauna Loa Ice Cave aus der Fotogrammetrie-Punktwolke. Foto: Thomas Killing

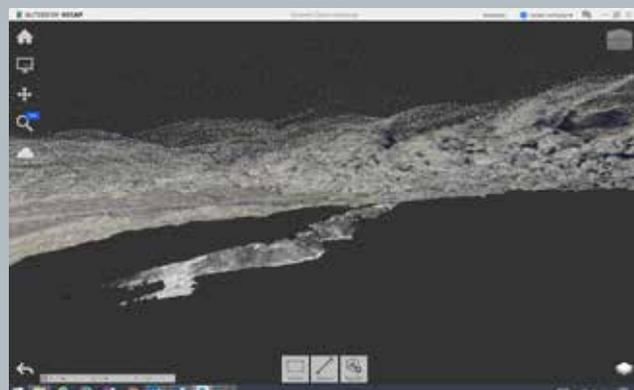


Abbildung 7: Zusammengesetztes Geländemodell aus der Fotogrammetrie- und der Laserscanner-Punktwolke. Foto: Thomas Killing

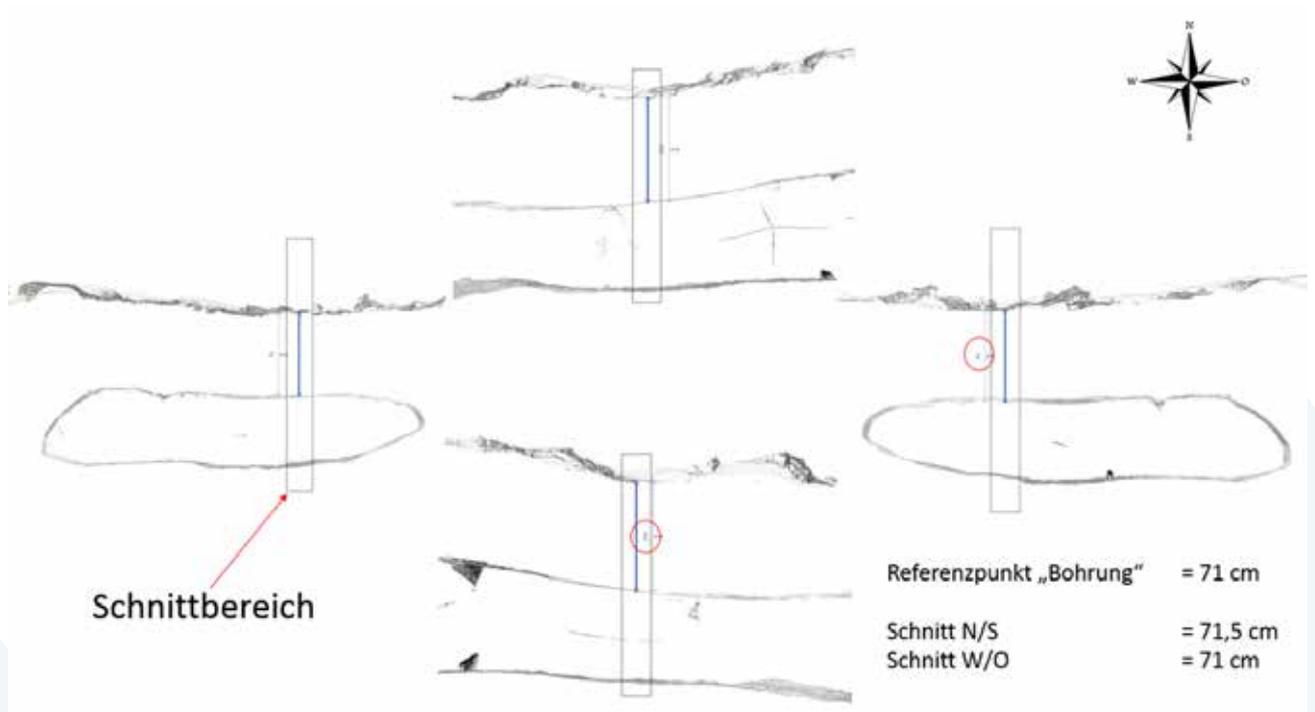
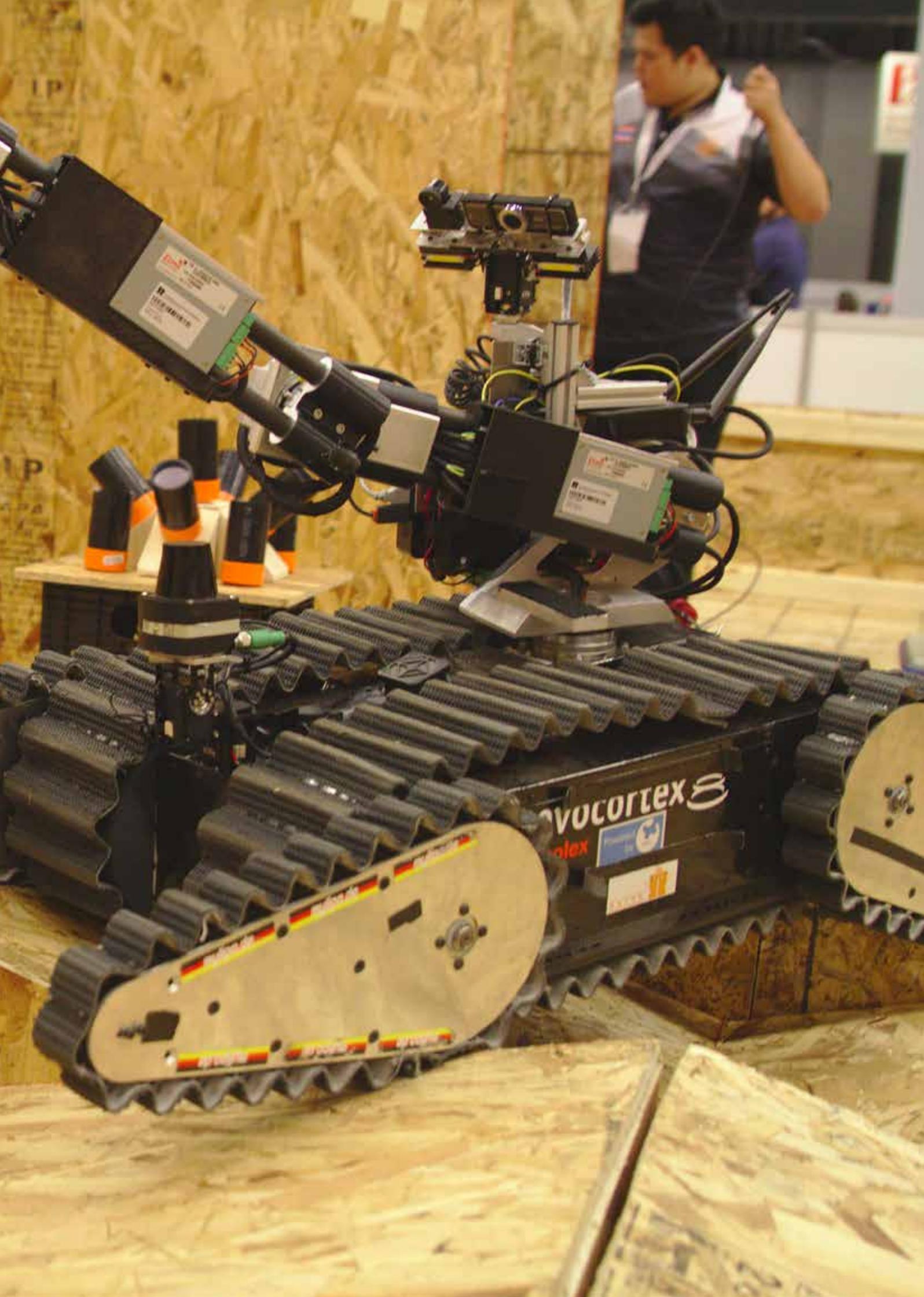


Abbildung 8: Schnitte durch die Akeakamai-Höhle. Grafik: Thomas Killing







Mobile Robotik – Experimentelles Forschen von der KinderUNI bis zur Promotion

Prof. Dr. Stefan May

Prof. Dr. Christine Niebler

Prof. Dr. Jörg Arndt

Dipl.-Ing. Jon Martin Garechana

Christian Pfitzner, M. Sc.

Johannes Ziegler, B. Eng.

Fakultät Elektrotechnik Feinwerktechnik Informationstechnik

TH Nürnberg

Das Projektziel ist es, Studierende aus verschiedenen Fachrichtungen in einem gemeinsamen Projekt im Bereich der mobilen Robotik zu fördern. Die Zusammenarbeit Studierender verschiedener Fachrichtungen ist dabei ein wichtiges Merkmal. Angefangen bei der KinderUNI, werden schon Kinder im Alter zwischen acht und zwölf Jahren für das Thema Robotik begeistert. Anhand von mobilen Robotersystemen lernen Studierende im Bachelorstudium Grundlagen und Problemstellungen der mobilen Robotik kennen. Darüber hinaus können sich Studierende in den Masterstudiengängen in Forschungsgebiete der mobilen Robotik vertiefen. Hervorzuheben ist die Einbindung von Studierenden des Studiengangs Master of Applied Research (MAPR), wodurch Kontinuität und Wissenstransfer im Team auf einem hohen Niveau ermöglicht wird. Bei der Teilnahme am RoboCup, einem internationalen Wettbewerb zur Förderung von Forschung unterschiedlicher Anwendungsgebiete, können Studierende ihre erlernten Kenntnisse anwenden und treten in einem wissenschaftlichen Wettstreit gegen Teams anderer Forschungseinrichtungen an. Durch die Förderung konnte die Teilnahme zweier Teams am RoboCup finanziert werden. In der Disziplin der Erkundungsrobotik (Rescue League) erreichte das Team das Finale bei den GermanOpen in Magdeburg mit einem erfolgreichen vierten Platz in der Gesamtwertung. Bei der Teilnahme in der Disziplin der Industrieautomatisierung holte unser @work-Team mit deutlichem Abstand zum Zweitplatzierten den Deutschen Meistertitel. Aufgrund der hervorragenden Leistungen wurde das @work-Team zur Weltmeisterschaft nach Nagoya, Japan entsandt. Es gewann auch diesen Wettkampf mit großem Abstand zum Zweitplatzierten und holte damit den Weltmeistertitel 2017 nach Nürnberg.

Wesentliche Projektziele

1. Projektdaten

Fördersumme	9.250 Euro, zusätzliche Mittel wurden für die WM in Japan bereitgestellt
Laufzeit	Januar bis Juli 2017
Fakultät / Institut / Kompetenzzentrum	Fakultät Elektrotechnik Feinwerktechnik Informationstechnik
Projektleitung	Prof. Dr. Stefan May, Prof. Dr. Christine Niebler, Prof. Dr. Jörg Arndt, Dipl.-Ing. Jon Martin Garechana, Christian Pfitzner, M. Sc.
Kontaktdaten	E-Mail: stefan.may@th-nuernberg.de

2. Ausgangslage und Ziele des Forschungsprojekts

Die beiden Teams der TH Nürnberg treten unter dem gemeinsamen Namen AutonOHM bei den Meisterschaften der Roboter an. Angefangen hat alles mit den deutschen Meisterschaften, dem RoboCup German Open 2012 in Magdeburg, im Bereich Rettungsrobotik. Bei diesem ersten Wettkampf mit dem Roboter Georg erreichten die Studierenden auf Anhieb den siebten Platz. Das Team AutonOHM verbesserte sich kontinuierlich durch die Optimierung von Algorithmen und den Einsatz des neuen Roboters Simon: Nach zwei Vizemeistertiteln folgte 2015 auch der Deutsche Meistertitel. 2015 nahmen Studierende und wissenschaftliche

Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter der TH Nürnberg auch erstmals an dem Wettkampf in der @work-Liga teil. Bei der Weltmeisterschaft 2016 erreichte das Rescue-Team der Hochschule das Finale und belegte in der Gesamtwertung den fünften Platz. Das @work-Team erreichte ebenso einen erfolgreichen fünften Platz in der Gesamtwertung.



Abbildung 1: (Links) Teamfoto AutonOHM mit dem Partnerteam der Fachhochschule Kärnten. (Rechts) Arbeiten des @work-Teams auf dem RoboCup in Leipzig; Fotos: Johannes Ziegler

Ziel des Forschungsprojekts ‚Mobile Robotik – Experimentelles Forschen von der KinderUNI bis zur Promotion‘ ist es, Studierende im Bereich der mobilen Robotik intensiv zu fördern. Wichtig ist dabei die Verknüpfung vieler Disziplinen. Studierende der Fachrichtung Elektro- und Informationstechnik, Mechatronik, Maschinenbau und Medizintechnik arbeiten in einem Team gemeinsam an mechanischen, kinematischen, elektronischen oder informationstechnischen Problemstellungen. Das Ermöglichen einer Teilnahme an RoboCup-Wettbewerben ist dabei ein zentrales Schlüsselement für eine praxisnahe Umsetzung von Lehrinhalten und die eigene Erfolgskontrolle.

3. RoboCup GermanOpen in Magdeburg

2017 trafen sich Forschungsgruppen und Hochschulen zusammen mit ihren Robotern zu den German-Open in Magdeburg. Der jährlich stattfindende RoboCup zog dieses Jahr an drei Wettkampftagen viele Besucher zur Messe Magdeburg an. Die internationalen Teilnehmerinnen und Teilnehmer zeigten ihre Roboter in unterschiedlichen Disziplinen wie zum Beispiel Fußballrobotik, Industrierobotik oder auch Haushaltsrobotik. Mit dabei waren auch zwei Teams der TH Nürnberg, bestehend aus Studierenden und Promovierenden der Fakultät efi, die in den Ligen für die Rettungsrobotik und die Industrierobotik (@work) antraten.

Rettungsrobotik

Im Bereich der Rettungsrobotik sind die Aufgaben eines Roboters während des Wettkampfes in die vier Themengebiete Mobilität, Manövrieren, Geschicklichkeit und Erkundung aufgeteilt. Die Aufgaben können zuerst teleoperiert durch den Benutzer des Roboters und in einer zweiten Phase autonom durchgeführt werden. In einer

15 Minuten dauernden Runde gilt es, so viele Wiederholungen zu absolvieren wie möglich. Verteilt über den Tag kann jedes Team während der Qualifikationsphase an vier verschiedenen Tests teilnehmen, zwei Wiederholungen sind zugelassen. Jedes Team kann je nach Stärken der eigenen Roboter unterschiedliche Tests wählen. Die Aufgaben stammen dabei aus Erfahrungsberichten von realen Einsätzen. In einem Testszenario geht es beispielsweise darum, möglichst häufig eine Treppe herauf und herunter zu fahren. Im nächsten Szenario müssen möglichst viele Türen mittels eines Roboterarms geöffnet werden. Der Veranstalter möchte durch die Standardisierung eine höhere Vergleichbarkeit für die Teams schaffen. Erschwerend kommt hinzu, dass Teams nur einen Roboter verwenden dürfen. Scheidet dieser durch einen Defekt aus, so kann das Team keine Punkte mehr erhalten, die in die Gesamtwertung eingehen. Auch Reparaturen müssen vorab mit den Juroren abgesprochen werden. Für das Finale qualifizieren sich die ersten vier Teams. Im Finale werden dann alle Teilbereiche der Arena in ein großes Labyrinth vereint. Dieser Parcours stellt ein Gebäude nach einem Erdbeben nach, mit eingestürzten Wänden und Treppen, mit wenig Platz zum Manövrieren. Babypuppen mit Heizmatten und sich bewegenden Fähnchen simulieren Verschüttete, die auch ein selbstständig agierender Roboter finden kann. Ein Roboter erstellt auf der Suche nach Opfern eine Karte für potentielle Rettungskräfte, damit diese schnell zum Verletzten vordringen können. Im Finale werden dadurch die einzelnen Tests in einem großen Test vereint. Dadurch wird der Roboter in seiner Gesamtheit getestet.

Das Team AutonOHM trat dieses Jahr zum zweiten Mal mit dem Roboter Schrödi an. Schrödi ist ein kettengetriebener, ca. 70 Kilogramm schwerer Roboter, dessen Fahrwerk von der Fachhochschule Kärnten in den letzten Jahren entwickelt wurde. Der Roboter ist mit verschiedenen Sensoren wie z. B. einem Laserscanner, 3D-Kamera, CO₂-Sensor, Mikrophon und Lautsprecher ausgestattet. Schrödi verfügt auch über einen Roboterarm, mit dem er Gegenstände bewegen oder auch Türen öffnen kann.

Während des Wettkampfs kam es mehrfach zu Defekten am Antriebsstrang, was das Team zwang, den Fokus auf mechanische Reparaturen zu setzen, anstatt auf Softwareentwicklung. Nach den ersten drei Wettkampftagen qualifizierte sich das Team um Teamleiter Christian Pfitzner mit dem 3. Platz für das Finale. Im Finallauf konnte sich das Team leider nicht mehr verbessern und musste diesen frühzeitig wegen eines Defektes beenden. Die mechanische Belastung zwischen Zahnrädern und Welle führte zur Materialermüdung, die eine Fahrt mit dem Roboter nicht mehr möglich machte. Somit beendete das Team den Wettbewerb auf dem 4. Platz. Es konnte sich aber in der Einzelwertung „Stepfield“ durchsetzen und erzielte den zweiten Platz in der Disziplin „Best in Class Autonomy“.



Abbildung 2: Roboter „Schrödi“ bei den RoboCup GermanOpen 2017 in Magdeburg, benannt nach „Schrödingers Katze“ (Erwin Schrödinger 1887-1961, österreichischer Physiker und Wissenschaftstheoretiker). Bis zum RoboCup in Leipzig konnte der Roboter nicht vollständig in Betrieb genommen werden, wodurch dessen Funktionsfähigkeit nicht sichergestellt war. Sein Zustand wurde scherzhaft mit dem von „Schrödinger's Katze“ verglichen, die in Schrödinger's Gedankenexperiment zum gleichen Zeitpunkt sowohl lebendig als auch tot war, und erst im Moment einer Messung (=RoboCup) eindeutig festgelegt wurde. Foto: Benjamin Schadde

RoboCup@work

Im Oktober 2014 wurde innerhalb des Labors für mobile Robotik ein Team für die RoboCup@work-Liga gegründet. Das Team legt seitdem seinen Schwerpunkt auf die Entwicklung autonomer Systeme, die in einem industriellen Umfeld Greif- und Transport-Aufgaben erfüllen können. Für diese Aufgaben muss sich das System selbständig lokalisieren, seinen Fahrweg planen und die geforderten Teile aufnehmen und transportieren. Bei dem verwendeten Roboter handelt es sich um eine KUKA youBot-Plattform, vgl. Abbildung 3. Das Team setzt sich aus Bachelor- und Master-Studierenden verschiedener Fachrichtungen zusammen, die Projekt- oder Abschlussarbeiten realisieren.

In jedem Jahr verändern sich die Teilnehmerinnen und Teilnehmer des Wettkampfteams, wobei einige aus dem vorangegangenen Jahr auch in diesem Jahr wieder teilgenommen haben. Dies sichert den Wissenstransfer innerhalb des Teams. In einer mehrwöchigen Vorbereitungszeit konnten alle Automatismen des Roboters aus dem Vorjahr analysiert und verbessert werden. Bei wiederholten Tests wurden Schwachstellen eliminiert und Algorithmen auf Robustheit geprüft. Dies sicherte dem Team die entscheidenden Punkte für den Sieg in Magdeburg gegen eine starke Konkurrenz. Im Vergleich zum Vorjahr verbesserten sich alle Teams deutlich. Die erreichten Punkte der Teams waren in diesem Jahr durchschnittlich dreimal so hoch wie im Vorjahr.

Die sechsköpfige Mannschaft der TH Nürnberg um Teamleiter Jon Martin Garechana besiegte den amtierenden Weltmeister und Vizemeister und erlangte den begehrten Titel Deutscher Meister.

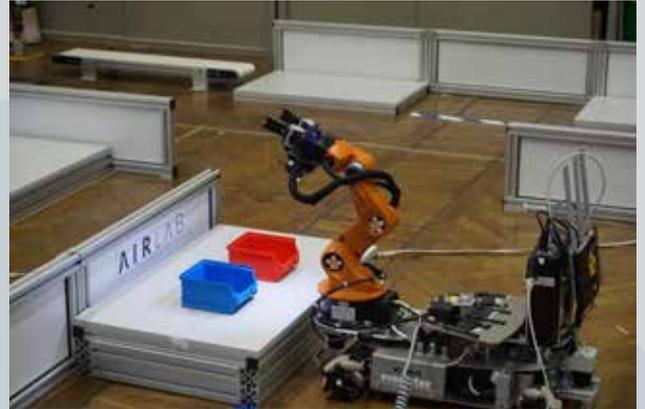
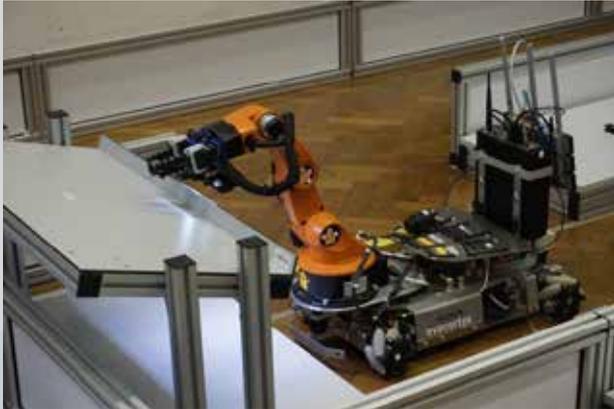


Abbildung 3: Szenen aus einem Wettkampf in der @work-Liga. Beide Bilder zeigen den Einsatz des Roboters youBot der TH Nürnberg.
Fotos: Team AutonOHM

4. RoboCup Weltmeisterschaft in Nagoya, Japan

Aufgrund der hervorragenden Leistungen auf dem RoboCup GermanOpen fuhr das Team der TH Nürnberg zur Weltmeisterschaft nach Japan. Trotz des schon hohen Niveaus gab es zahlreiche Verbesserungsmöglichkeiten, die während des Wettkampfes in Magdeburg auffielen. Das Team hat eine neue, kleinere und bessere 3D-Kamera an einer veränderten Position am Greifarm montiert, was die Objekterkennung erleichtert und außerdem Zeit während des Greifprozesses spart. Zudem hat das Team die gesamte Steuerungssoftware optimiert, das bringt erhöhte Präzision und Zeitersparnis beim Greifen. Auch die Greiferhardware haben die Studenten durch einen Eigenbau ersetzt. Damit kann der Roboter nun alle Teile zuverlässig greifen. Mit diesen Verbesserungen konnte das Team perfekte Testläufe in den Kategorien „Basic Manipulation“ und „Precise Placement“ erreichen.

Für das Greifen von bewegten Teilen auf einem rotierenden, runden Tisch konnte das Team noch vor Ort einen geeigneten Ansatz umsetzen, der gleich mit einem perfekten Lauf im Test „Rotating Turntable“ belohnt wurde. Durch die konstant guten Leistungen, auch in den anderen Testläufen, sicherte sich das Team den begehrten Weltmeistertitel. Dabei setzte sich die Mannschaft gegen zahlreiche internationale Teams durch, die unter anderem aus Russland, Singapur und dem Iran anreisten. Der Punktestand des Teams vom GermanOpen-Wettbewerb konnte nochmals fast verdoppelt werden, was die Weiterentwicklung des Teams deutlich macht.

5. Fazit

Das Team AutonOHM verbessert sich jährlich mit jeder Wettkampfteilnahme. Für den RoboCup 2018 ist das Team WM-qualifiziert. Die Studierenden dokumentieren ihre Arbeit in einem internen Wiki, um so den Wissenstransfer zwischen Projektgruppen zu organisieren. Viele Abschluss- und Projektarbeiten trugen zu den Erfolgen der beiden Wettkampfteams bei:

Projekt-/ Abschlussarbeiten mit Schwerpunkt mobiler Robotik

- Bernd Eil, Bachelorarbeit „Konstruktion eines Robotergrifiers für Robocup@Work“
- Sebastian Endres, Bachelorarbeit „Referenzimplementierung eines Leitstandes für Multi-Roboter-Flotten in Produktionslogistiksystemen“
- Helmut Engelhardt, MAPR-Projekt „Intelligent Deep Mine Shaft Monitoring (iDeepMon)“

- Franziska Frenzel, MAPR-Projekt „Interaktionsschnittstelle für Multi-Roboter-Systeme“
- Johanna Gleichauf, MAPR-Projekt „Sensorik für die Nullsicht-Kartographie“
- Dominik Heigl, MAPR-Projekt „Sensordatenverarbeitung für Multi-Roboter-Systeme“
- Philipp Koch, laufendes Promotionsverfahren, vorläufiger Titel „Traversability Analysis Regarding the Kinematic Principle and Morphology of Mobile Robots“
- Rainer Koch, laufendes Promotionsverfahren, Titel “Sensor Fusion for Precise Mapping of Reflective Objects”
- Jon Martin, laufendes Promotionsverfahren, vorläufiger Titel „Multi-Robot-Systems for Industrial Transportation“
- Marco Masannek und Patrik Ittner, Projektarbeit „Optimierung des Greifprozesses mit dem KUKA-youBot durch Entwicklung eines luftdruckgesteuerten Flexshape-Grippers und einer Kinematikbibliothek“
- Benjamin Schadde, Bachelorarbeit „Entwicklung eines rotierenden 2D-Laserscanners zur 3D-Kartografie“
- Jens Schmidt, Masterarbeit „Konstruktion und Programmierung eines Low-Cost-Scara-Roboters für die RoboCup@work-Liga“
- Stefan Schneider, Bachelorarbeit „Mechanische Optimierung eines Erkundungsroboters für einen robusten Betrieb in RoboCup Rescue Wettkämpfen,“
- Tobias Scholz, MAPR-Projekt „Entwicklung Middleware-basierter Roboterkontrollarchitekturen“
- Matthias Tietsch, Bachelorarbeit „Entwicklung eines dezentralen Sensorsystems für einen Manipulatorarm eines Erkundungsroboters, auf Basis eines Einplatinencomputers“
- Johannes Ziegler, Bachelorarbeit „Optimierung eines Steuerungskonzeptes für einen Manipulator eines mobilen Rettungsroboters“
- Johannes Ziegler, MAPR-Projekt „Detektierung und Lokalisierung von Rohren zur Vorbereitung der semi-autonomen Manipulation“

6. Publikationen

Jon Martin Garechana, An Autonomous Transport Vehicle in an Existing Manufacturing Facility with Focus on the Docking Maneuver Task, In: Proceedings of the International Conference on Control, Automation and Robotics (ICCAR'2017), Nagoya, Japan, April 22-24, 2017

Jon Martin, Sebastian Endres, Stefan May and Itziar Cabanes, Decentralized Robot-Cloud Architecture for an Autonomous Transportation System in a Smart Factory, In: Proceedings of the 13th International Conference on Semantic Systems (SEMANTICS'2017), Amsterdam

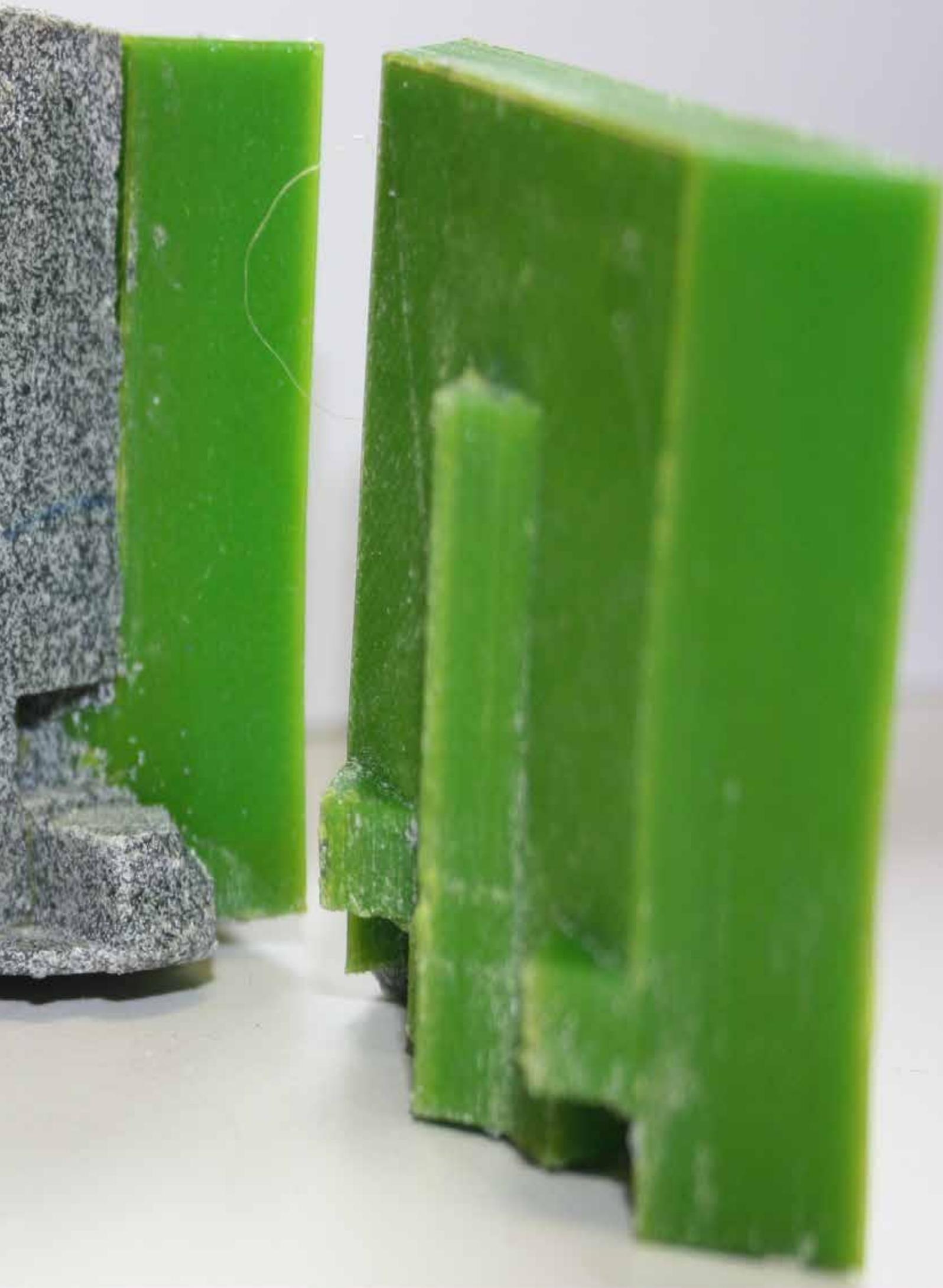
Rainer Koch, Lena Böttcher, Maximilian Jahrsdörfer, Johannes Maier, Malte Trommer, Stefan May and Andreas Nüchter, Out of lab calibration of a rotating 2D scanner for 3D mapping, In: Proceedings of the SPIE Optical Metrology conference'2017, Munich, Germany, June 25-29, 2017

Rainer Koch, Stefan May and Andreas Nüchter, Detection and Purging of Specular Reflective and Transparent Object Influences in 3D Range Measurements, In: Proceedings of the 7th International Workshop on 3D Virtual Reconstruction and Visualization of Complex Architectures (3D ARCH), Nafplio, Greece, March 1-3, 2017

Daniel Ammon, Tobias Fink and Stefan May, Random Normal Matching: A Robust Probability-Based 2D Scan Matching Approach Using Truncated Signed Distance Functions, In: Proceedings of the IEEE International Conference on Autonomous Robot Systems and Competitions (ICARSC), Coimbra, Portugal, 2017









Kunststoff-Sandguss

Prof. Dr. Michael Mirke
Fakultät Werkstofftechnik
TH Nürnberg

Als Teil der digitalen Revolution finden Additive Verfahren, oft als „3D-Druck“ bezeichnet, großes Interesse in der Industrie, aber auch beim Privatanwender und zeigen damit einen gesamtgesellschaftlichen Trend. Das beim Heimanwender am häufigsten eingesetzte Verfahren der „Fused-Filament-Fabrication“ (FFF) ist auf thermoplastische Kunststoffe beschränkt.

Wesentliche Projektziele

Die fachliche Idee des im Folgenden geschilderten Projekts ist, das Werkstofffeld für dieses Verfahren über Gusstechniken zu erweitern. Das Ziel ist die Entwicklung von dreidimensionalen Objekten, die aus thermisch und/oder mechanisch höher belastbaren Kunststoffen bestehen. Dazu wurden Abform- und Gussverfahren geprüft und angepasst, die aus anderen Verarbeitungsverfahren der Werkstofftechnik her bekannt sind. Beispiele sind der Sandguss der Metallverarbeitung, Polymerbeton als hochgefüllter Verbundwerkstoff oder auch der direkte 3D-Druck von Negativformen.

Diese Forschungsaufgabe wurde als fachlicher Hintergrund für die didaktische Anwendung forschenden Lernens und als Unterstützung im forschenden Lehren und Lernen im Bachelorstudengang Werkstofftechnik gewählt. In Form von Projekt- und Abschlussarbeiten des siebten Fachsemesters als auch in Form eines neu etablierten Wahlpflichtfaches, das sich an Studierende im zweiten Studienabschnitt richtet, arbeiten Studierende forschend und lernend am Thema.

Die dabei bisher gewonnenen fachlichen Ergebnisse sollen in zukünftigen Untersuchungen weiterverfolgt werden und die didaktischen Erfahrungen in die Fortsetzung des Wahlpflichtfachs einfließen.

1. Projektdaten

Fördersumme	4.100 Euro
Laufzeit	Januar bis November 2017
Fakultät / Institut / Kompetenzzentrum	Fakultät Werkstofftechnik
Projektleitung	Prof. Dr. Michael Mirke
Kontaktdaten	E-Mail: michael.mirke@th-nuernberg.de

2. Ausgangslage und Ziele des Forschungsprojekts

Der 3D-Druck von Kunststoffobjekten auf dem Weg der „Fused Filament Fabrication“ (FFF), der auch als von der Firma Stratasys geschützte Wortmarke „Fused Deposition Modeling“ (FDM)™ bekannt ist, nutzt thermoplastische Kunststoffe in Filamentform. Diese werden aufgeschmolzen und als dünner Schmelzefaden Schicht für Schicht maschinengesteuert zu dreidimensionalen Objekten abgelegt. Das ermöglicht eine kostengünstige Materialisierung von computerbasiert designten Objekten, eine signifikante Erweiterung der konstruktiven Möglichkeiten in der Industrie, aber auch kreativer Privatpersonen. Da verfahrensbedingt nur thermoplastische Kunststoffe verwendet werden, sind die damit gewonnenen Objekte bei höheren Temperaturen (bspw. über 80° C) wenig formstabil. Die durch eine feine Düse extrudierten Kunststoffe dürfen nur mit Füllstoffen versetzt sein, deren Partikelgröße deutlich unter dem Düsendurchmesser liegt. Der Aufbau in Schichten und aus aneinander

gelegten Schmelzespuren führt zu Flächen, die wegen des Schichtaufbaus keine glatte Oberfläche aufweisen. Die mechanischen Festigkeiten sind für manche Anwendungen nicht ausreichend.



Abbildung 1: Schichtweiser 3D-Druck im FFF-Verfahren; Foto: Michael Mirke

Das fachliche Ziel des hier vorgestellten Projekts ist daher, Wege zu finden, FFF-gedruckte Objekte in Objekte zu wandeln, die andere Eigenschaften aufweisen, und zugleich die computergenerierte Form beibehalten. Im FFF-Verfahren werden thermoplastische Kunststoffe verwendet, die sich im aufgeschmolzenen Zustand schichtweise ablegen lassen. Die damit hergestellten Modelle sind daher ebenfalls thermoplastisch, erweichen also bei erhöhter Temperatur. Werden sie in Duromere gewandelt, sollten die Objekte höhere Festigkeiten bei höheren Temperaturen aufweisen. Ein Abguss mit Polymermörteln ermöglicht Objekte, die höhere Dichte, Haptik und Wertigkeit aufweisen.

Das Konzept zielt darauf ab, dass die Studierenden der Werkstofftechnik im Bachelorstudium die Anwendung der Forschung erlernen sollen. Dies betrifft Polymere als Thermoplaste, Elastomere, Duromere und als Bestandteil von Verbundwerkstoffen. Kenntnisse um Verfahrenstechniken aus anderen Werkstoffbereichen wie z. B. der Sandguss, der im Metallguss angewendet wird, sind für diesen Einsatzbereich nutzbar. Überfachliche Kompetenzen wie z. B. Kreativität, Teamwork, Projektarbeit, eigenständiges Kombinieren von gelerntem und recherchiertem Wissen, Frustrtoleranz bei Misserfolgen usw. liegen im Fokus der studentischen Arbeit in diesem Projekt.

3. Herangehensweise und Lehrkontext

Der erste Teil des Projekts und der studentischen Arbeit an der fachlichen Fragestellung wurde in ein Wahlpflichtfach (WPF) eingebettet, das Studierenden der Werkstofftechnik im Bachelorstudium empfohlen wird. Es soll

unter dem Titel „Anleitung zum wissenschaftlichen Arbeiten“ den Übergang zwischen der weitgehend angeleiteten Arbeit in Praktika und der selbständig zu erarbeitenden Bachelorarbeit erleichtern.

Dazu wurden Plätze für 30 Studierende bei vier Dozenten angeboten. Im hier vorgestellten Projekt teilten sich davon sechs Studierende in drei Gruppen auf, die an Teilaspekten des Projekts „Sandguss“ in Zweiertteams theoretisch (Recherche) und praktisch im Labor gearbeitet haben. Die vom Dozenten getragene Rolle des Betreuers diente der Hilfestellung bei praktischen Fragestellungen im Labor sowie der Projektsteuerung. Grundsätzlich war eines der Projektziele, eine weitgehende Entscheidungsfreiheit bei der Problemlösung durch die Studierenden anzustreben. Die Studierenden erhielten eine Einführung in die Recherchearbeit, sinnvolle Dokumentation oder in die Erstellung eines Zeitplans.

Aus einer schriftlichen Dokumentation, die sich vom Aufbau (Gliederung) her eng an eine Bachelorarbeit anlehnen soll, und der vom Dozenten beurteilten Mitarbeit im Team wurden Noten gebildet. Jeder Studierende erhielt ein individuelles mündliches Feedback dazu.

Im zweiten Teil des Projekts wurde die fachliche Arbeit als Projekt- und Bachelorarbeit weitergeführt. Die höhere zeitliche Intensivierung brachte das Projekt fachlich schneller weiter, reduzierte aber die Zahl der Studierenden, die davon profitieren. Basierend auf den Ergebnissen, die in der ersten Phase des WPFs gewonnen wurden, haben die Studierenden vertiefend an theoretischen und praktischen Lösungswegen gearbeitet. Die wissenschaftliche Dokumentation aus beiden Arbeiten sollte die Erkenntnisse des Projekts umfassend beschreiben. Die Studierenden haben durch ihre Projekt- und Bachelorarbeit ihre Kompetenzen im wissenschaftlichen Arbeiten verbessert und nachgewiesen.

4. Forschungsergebnisse und Nachhaltigkeit/ Verwertung

Die Studierenden konnten die von der Metallverarbeitung her bekannte Methodik anwenden, um aus 3D-gedruckten Positiven Sandformnegative abzubilden, die mit Kunstharz ausgegossen wurden. Dabei zeigte sich, dass das Abformen mit den vom Metall-Sandguss her bekannten Formmaterialien gut machbar war. Problematisch war der Guss mit Reaktionsharz, weil das Harz aus der Kavität der Form in die Zwischenräume der die Form aufbauenden Sandkörner eindrang. Mit verschiedenen Trennmitteln (Sprühfolie, Silikonspray, Talkumpuder) suchten die Studierenden erfolglos nach einer Verbesserung.

Als einen zweiten Lösungsweg haben die Studierenden andere Sandbindemittel im Vergleich zum anfangs eingesetzten ölgebundenem Sand für die Sandform geprüft. Die Verwendung von Paraffin mit einem Schmelzbereich 52-54°C zeigte sich als gut geeignet. Es lässt sich geschmolzen mit Formsand mischen, bindet den Sand nach dem Erstarren und füllt die Kornzwischenräume aus, so dass flüssiges Gießharz weniger eindringt. Die Form ist durch das Aufschmelzen des Paraffins nach dem Erhärten des Harzes gut entfernbar und das Formmaterial kann wiederverwendet werden. Verschiedene Haushaltsfette wurden als Ersatz für das Paraffin getestet, mit der Hoffnung, aufgrund des niedrigeren Schmelzpunktes eine einfachere Verarbeitung zu erreichen. Bei Labortemperaturen über 25°C waren die Erweichungspunkte aber zu niedrig, um stabile Formen zu erhalten.



Abbildung 2: graue Polymermörtelkegel mit anhaftendem roten Formsand; Foto: Michael Mirke

Versuche mit Polymermörtel, d.h. hoch mit Sand gefülltem Kunstharz, abzugießen, zeigten, dass die Tendenz, an der Oberfläche der Gusskörper Sand der Gussform zu binden, geringer ausgeprägt war als bei reinem Kunstharz. Die Untersuchungen zur Optimierung des Abformens wurden an stark vereinfacht abstrahierten Formen durchgeführt.

Für die anschließende Detailierung wurden Positive gedruckt, die die vier Seitenwände des Zielpositivs bilden. Dabei zeigte sich, dass das Entfernen des Original-Positivs von der Paraffin-gebundenen Form oft kaum möglich war oder zu einem Bruch der Form führte. Um dies zu vermeiden, wurden Positive aus flexiblem Filament 3D-gedruckt. Durch die nun mögliche Flexbewegung lassen sich Positiv und Sandform trennen, ohne zu brechen.

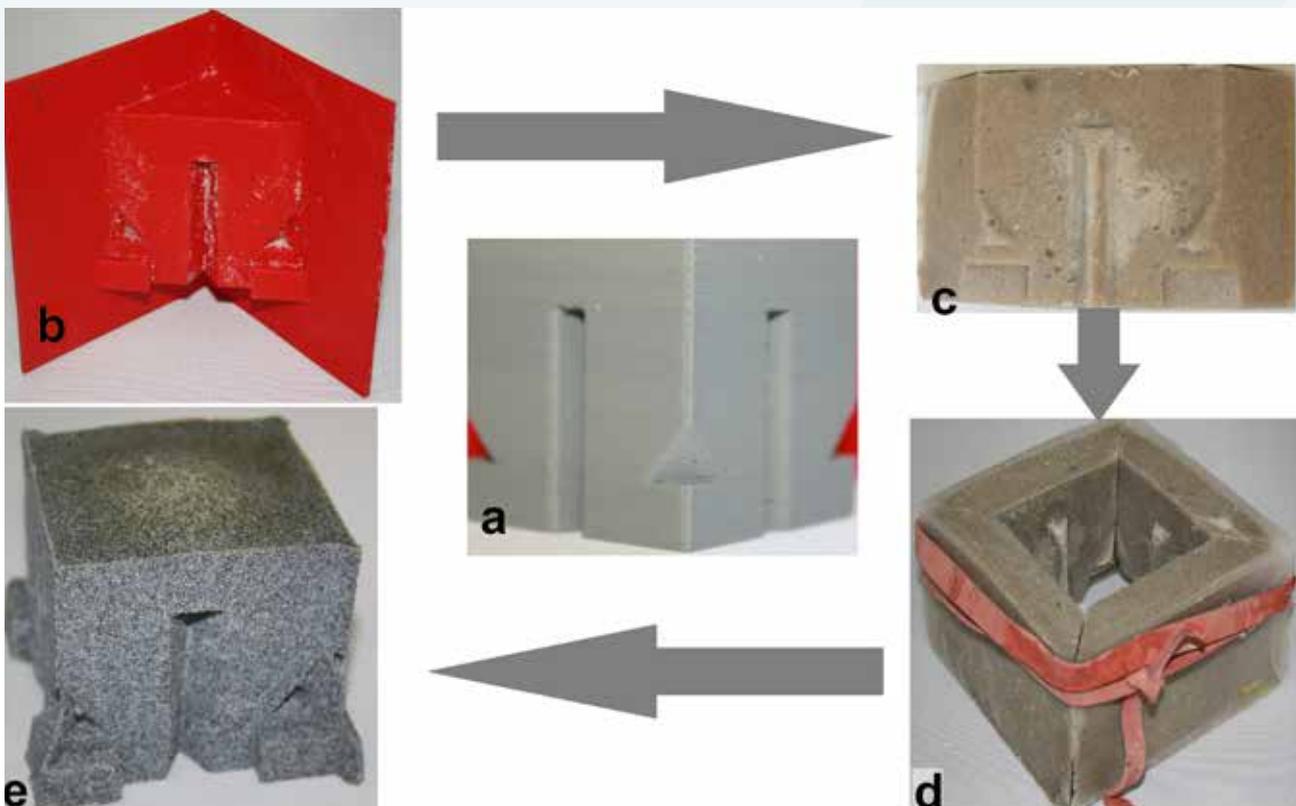


Abbildung 3: Vom 3D-gedruckten Thermoplasten zum Polymerbetonobjekt, a: 3D-gedruckter Thermoplast, b: 3D-gedrucktes 1/4-Positiv inkl. Wand für die Abformung der Sandform, c: mit Paraffin gebundene Sandviertelform, d: Sandform aus vier Sandviertelformen, e: in Polymerbeton abgegossenes Positiv; Foto: Michael Mirke

Die Entwicklungsarbeit führte auch zu Ansätzen, die über das vorgegebene Thema „Sandguss“ hinausgingen. Der Verzicht von Sand und das alleinige Verwenden von Paraffin als Formmaterial (und nicht nur als Formbinder) verhindert zusätzlich das Eindringen des Gussharzes in die Formwand. Andere Ansätze zielen darauf ab, nicht das Positiv, sondern gleich die Negativ-Form 3D zu drucken. Dafür wurde zum einen Poylvinyalkohol (PVA) als Filament getestet, weil sich die damit gedruckten Formen mit Wasser wieder vom Abguss lösen lassen. Das relativ teure Formmaterial kann aber nur einmal verwendet werden und steht danach als wässrige Abfalllösung zur Entsorgung an. Vor allem aber zeigten sich Probleme beim Drucken der Formen mit PVA.

Ein anderer Ansatz ergab sich durch das erfolgreiche 3D-Drucken von Negativ-Formen aus flexiblen Kunststoffen, ohne den Weg über Sandformen zu nehmen. Damit sind mehrteilige Formen erstellbar, die sich durch Biegen vom Gusskörper trennen lassen.



Abbildung 4: Polymerbetonpositiv, in 3D-gedruckter Negativform gewonnen; Foto: Michael Mirke

3D-gedruckte Positive können durch Thermoformen in Negative mit glatten Wänden überführt werden, das zeigten erste Versuche mit dieser auch als Tiefziehen bekannten Technik. Das Ausgießen dieser tiefgezogenen Negativ-Formen mit z.B. Gießharz könnte wieder zu Positiven aus Nicht-Thermoplasten und glatteren Oberflächen führen.

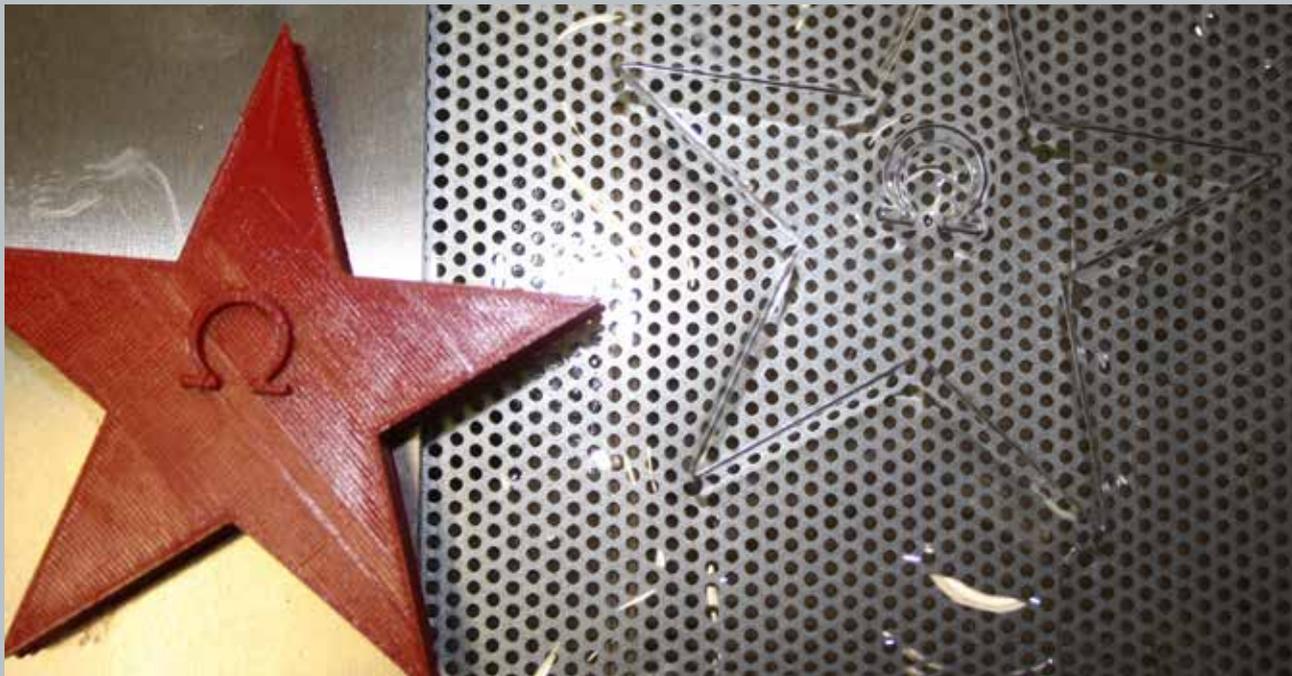


Abbildung 5: 3D-gedrucktes Positiv (links) und daraus über Thermoformen gewonnene Negativ-Form; Foto: Michael Mirke

5. Fazit und Ausblick

Das Projekt erlaubte Studierenden, forschend zu lernen und ermöglichte die Vermittlung von Erfahrungen und Werkzeuge für das Forschen. Die fachlichen und didaktischen Ergebnisse sind eine Basis für die zukünftige Ausbildung von Studierenden.

Fachlich konnte das Projekt Wege aufzeigen, wie aus 3D-gedruckten Thermoplasten mit anteilig hohler Schichtstruktur massive Objekte mit anderer Optik und gegebenenfalls höherer mechanischer und/oder thermischer Stabilität gewonnen werden können.

Es bleiben viele Optimierungsmöglichkeiten, um die optischen und mechanischen Eigenschaften zu verbessern. Die Untersuchungen zeigten Wege für zukünftige Versuche auf.

Damit und mit den über das Projekt angeschafften Geräten und Materialien ist die Basis für die Ausbildung von Studierenden wie oben geschildert vorhanden. Die positive Beurteilung durch die Studierenden im Rahmen der Evaluierung bestärkt zusätzlich darin, dies auch zukünftig anzubieten.





ZEPPELIN ZM19

STEININGER





Bauwerkserschütterungen durch Tiefbauarbeiten

Prof. Dr.-Ing. Bernd Pläßmann
Dipl.-Ing. Michael Volkmer
Fakultät Bauingenieurwesen
TH Nürnberg

Im innerstädtischen Bereich erfolgen Baumaßnahmen immer häufiger bei beengten Platzverhältnissen. Tiefbauarbeiten wie z.B. Verdichtungs- oder Rammarbeiten sind hierbei verbunden mit Lärm- und Erschütterungsentwicklung. Vom Emissionsort erfolgt die Übertragung der Erschütterungseinwirkungen über den Baugrund auf angrenzende Gebäude. Bauwerksschäden können dann die Folge der Erschütterungseinwirkungen sein. Um diese zu vermeiden, ist neben den Messungen auch die Erschütterungsprognose ein wichtiger Aspekt vor Beginn einer Baumaßnahme. Im Rahmen des Lehrforschungsprojekts führten die Studierenden Untersuchungen zu den Prognosemöglichkeiten nach differenzierten Randbedingungen durch. Zur statistischen Auswertung durchgeführter Messungen haben die Studierenden eine eigene Messdatenbank aufgebaut und erste Möglichkeiten zur Differenzierung der Prognosemöglichkeiten erzielt. Parallel erfolgten Untersuchungen zur numerischen Simulation der Erschütterungsausbreitung. Erste Ergebnisse zur Simulation mittels numerischer Berechnungsmodelle konnten die Studierenden anhand der bisherigen Untersuchungen realisieren. Die Lehrenden haben die Studierenden bei den Untersuchungen bisher über Anschlussarbeiten im Bachelor- und Masterstudiengang der Fakultät Bauingenieurwesen eingebunden. Die kontinuierliche Fortsetzung der Untersuchungen zu dem Forschungsthema ist im Rahmen der Lehrforschung geplant.

Wesentliche Projektziele

1. Projektdaten

Fördersumme	6.500 Euro
Laufzeit	Januar bis November 2017
Fakultät / Institut / Kompetenzzentrum	Fakultät Bauingenieurwesen
Projektleitung	Prof. Dr.-Ing. Bernd Plaßmann
Kontaktdaten	E-Mail: bernd.plassmann@th-nuernberg.de

2. Ausgangslage und Ziele des Forschungsprojekts

Durch die zunehmende Bebauungsdichte, insbesondere im innerstädtischen Bereich, erfolgen Baumaßnahmen immer häufiger bei beengten Platzverhältnissen. In der Regel werden Tiefbauarbeiten oder sogar Spezialtiefbauarbeiten erforderlich. Diese sind sehr häufig verbunden mit Lärm- und Erschütterungsentwicklung. Erschütterungsemissionen entstehen dabei durch Verdichtungsarbeiten im Erdbau bei dem Betrieb von Vibrationsplatten und Vibrationswalzen zur Oberflächenverdichtung, aber auch bei den Verfahren zur Tiefenverdichtung (Rüttel-druck-/ Rüttelstopfverfahren, Dynamische Intensivverdichtung, Impulsverdichtung). Weiterhin entstehen Erschütterungsemissionen bei Rammarbeiten (Schlagrammung, Vibrationsrammung) z.B. bei der Herstellung von Gründungspfählen oder Baugruben (Abbildung1).



Abbildung 1: Rammarbeiten Spundwandherstellung; Foto: Bernd Plaßmann

Wesentlich für die Erschütterungsentwicklung ist die Ausbreitung über den anstehenden Baugrund. Über den Baugrund erfolgt die Übertragung von Erschütterungen auf angrenzende Bauwerke (Abbildung 2).

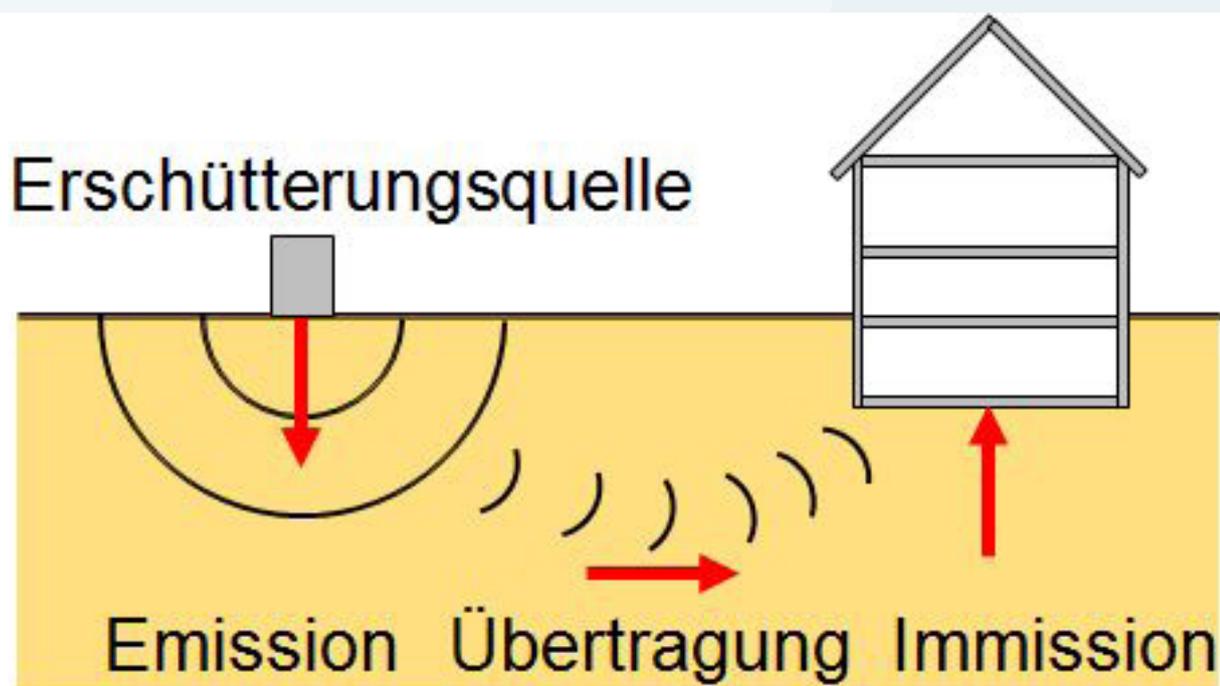


Abbildung 2: Erschütterungsausbreitung; Grafik: Bernd Plaßmann

Dabei werden angrenzende Bauwerke über das Bauwerksfundament zu Erschütterungen bzw. Schwingungen angeregt. Infolge der Gebäudeanregung kommt es zur Ausbreitung der Erschütterungen im Bauwerk in Abhängigkeit der konstruktiven Ausbildung des Gebäudes.

Derartige Schwingungen sind häufig deutlich über Deckenschwingung spürbar und können zu Belästigungen von Menschen in Gebäuden führen. Relevant sind in der Regel aber die möglichen Einwirkungen auf bauliche Anlagen. Hierbei kann es durch die Erschütterungseinwirkungen zu einer Minderung des Gebrauchswerts in Form von kleineren Rissen kommen. Bei größeren Erschütterungseinwirkungen kann in Verbindung mit erheblichen Rissen eine Minderung der Tragfähigkeit entstehen. Die Sanierung solcher Bauschäden führt zu erheblichen Zusatzkosten und häufig zu Rechtsstreitigkeiten bezüglich der Verursachung.

Daher ist das Ziel, derartige Bauschäden möglichst zu vermeiden. Während einer Baumaßnahme können Erschütterungseinwirkungen in einem Gebäude über Messungen genau erfasst werden. Um jedoch im Vorfeld die Bauverfahren auf zulässige Erschütterungseinwirkungen abzustimmen, ist eine möglichst zutreffende Prognose von großer Bedeutung. Der derzeitige Stand der Technik bezüglich vorhandener Prognoseverfahren berücksichtigt im Wesentlichen die von dem Baugerät eingeleitete Energie und den Abstand zwischen Emissionsort und angrenzenden Gebäuden als Randbedingung. Weitere relevante Randbedingungen, die die Erschütterungsentwicklung beeinflussen, können jedoch nicht ausreichend differenziert werden. Somit ergibt sich eine größere statistische Streubreite der Prognosewerte und die Erschütterungseinwirkungen werden in der Regel überschätzt. Das Ziel des Lehrforschungsprojektes ist es, Untersuchungen zur Verbesserung der Prognosemöglichkeiten von Erschütterungseinwirkungen durch Tiefbauarbeiten durchzuführen. Als Lehrforschungsprojekt können Untersuchungen verschiedener Teilaspekte über parallele Abschlussarbeiten, Arbeiten im Rahmen einer ingenieurwissenschaftlichen Studie (Masterstudiengang Internationales Bauwesen) oder im Rahmen von einer Projektgruppenarbeit (Bachelorstudiengang Bauingenieurwesen) erfolgen.

3. Herangehensweise und Lehrkontext

Der Ablauf des Lehrforschungsprojekts gliedert sich in die statistische Auswertung von vorhandenen Erschütterungsmessungen mit Aufbau einer eigenen Datenbank, der Durchführung eigener Messungen und der numerischen Simulation der Erschütterungsausbreitung. Aufbauend auf den Ergebnissen dieser Bearbeitungspunkte erfolgen die Untersuchungen zum Prognoseverfahren.

Die entstehenden Erschütterungseinwirkungen auf ein Bauwerk hängen von vielfältigen Einflüssen ab. Um reale Erschütterungseinwirkungen bei unterschiedlichen Bauverfahren und Randbedingungen zu erfassen, sind Erschütterungsmessungen erforderlich. Hierbei ist es erforderlich, dass die Studierenden die vorhandenen Randbedingungen differenziert erfassen. Um eine große Basis an Messdaten zu realisieren, besteht eine Kooperation mit einem externen Partner aus der Baupraxis. Für eine Kooperation konnte das in der Region Nürnberg ansässige Ingenieurbüro ERNST:ING als Spezialist für Erschütterungsmessungen gewonnen werden. Mit den zur Verfügung gestellten Messdaten konnte der Studierende, Lukas Schaumburger, eine eigene Messdatenbank im Rahmen einer Bachelorarbeit aufbauen. Mit den Mitteln des Lehrforschungsprojektes war es der Fakultät möglich, die Anschaffung einer Grundausstattung eines Erschütterungsmesssystems mit zunächst einem Messsensor für

die Durchführung von eigenen Erschütterungsmessungen anteilig zu finanzieren (Abbildung 3). und die Studierenden in die Anwendung des Erschütterungsmesssystems einzuführen.



Abbildung 3: Messsensor Erschütterungsmesssystem; Foto: Bernd Plaßmann

Untersuchungen zur numerischen Simulation der Erschütterungsausbreitung erfolgten im Rahmen einer Masterarbeit. Die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter des Geotechniklabors der TH Nürnberg betreuten die Studierenden intensiv bei der Anfertigung. Dabei standen sie stets im Kontakt zu dem Kooperationspartner aus der Baupraxis. Neben der Bearbeitung von Teilaspekten im Rahmen von Abschlussarbeiten zielt das Vorhaben darauf ab, die Bearbeitung im Rahmen einer ingenieurwissenschaftlichen Studie (Masterstudiengang Internationales Bauwesen) oder im Rahmen von einer Projektgruppenarbeit (Bachelorstudiengang Bauingenieurwesen) anzustreben. Insbesondere die Bearbeitung der Thematik im Rahmen einer ingenieurwissenschaftlichen Studie über zwei Semester und einer anschließenden Masterarbeit bietet Studierenden die Möglichkeit eines intensiven Einblicks in das wissenschaftliche Arbeiten.

Die Beteiligten des Lehrforschungsprojekts stellten ihre Ergebnisse beim 11. Nürnberger Bauseminar – Praxis Geotechnik am 22. September 2017 im Rahmen des Vortrags zum Thema „Messung und Prognose von Bauwerksererschütterungen durch Tiefbauarbeiten“ vor, um die Vernetzung in der Region zu steigern. An dem Bauseminar nahmen rund 120 Vertreter von Baufirmen, Ingenieurbüros und Baubehörden aus der Region teil.

4. Forschungsergebnisse und Nachhaltigkeit / Verwertung

Die Erfassung von realen Erschütterungseinwirkungen in Abhängigkeit vielfältiger Einflüsse kann über Erschütterungsmessungen erfolgen. Aktuelle Prognoseverfahren beruhen auf der statistischen Auswertung von durchgeführten Messungen. Für die Untersuchungen im Rahmen des Lehrforschungsprojekts wählten die Studierenden hierbei eine ähnliche, aber differenzierte Vorgehensweise. Für eine mögliche statistische Auswertung von Messungen mit differenzierter Erfassung der beeinflussenden Randbedingungen war der Aufbau einer eige-

nen Messdatenbank erforderlich. Hierzu stellte der externe Kooperationspartner Ingenieurbüro ERNST:ING eine große Anzahl an Messdaten zur Verfügung (Abbildung 4).

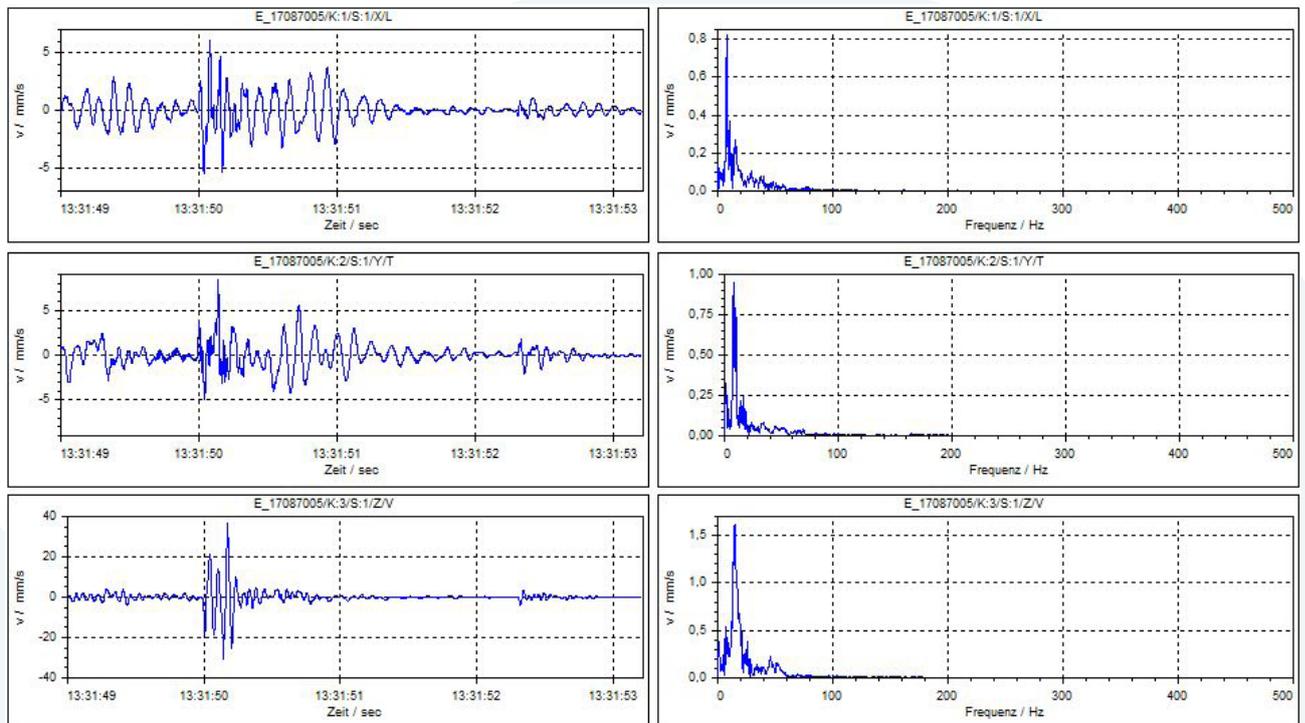


Abbildung 4: Messdaten; Grafik: ERNST:ING

Die Messdatenbank konzipierte und erstellte Lukas Schaumburger im Rahmen seiner Bachelorarbeit zum Thema „Bauwerkserschütterungen durch Tiefbauarbeiten – Aufbau einer Datenbank und Untersuchungen zur Erschütterungsprognose“. Aktuell umfasst die Datenbank 192 Datensätze. Zur differenzierten Erfassung der Randbedingungen gliedert sich die Messdatenbank in folgende Bereiche:

- Allgemeine Projektinformationen
- Angaben zur Emission (z.B. Daten zur Erschütterungsquelle, Gerätedaten, Rammgut, Rammtiefe)
- Angaben zur Transmission (z.B. Abstände, Daten zu den Baugrund- und Grundwasserverhältnissen)
- Angaben zur Immission (z.B. Gebäudetyp, Bauwerksinformationen, Gründungsschicht, Gründungsart, Unterkellerung, Vollgeschossanzahl, Konstruktion, Deckenbauweise, Deckenspannweiten, Baujahr, Bauzustand)

Um eine statistische Auswertung der unterschiedlichen Randbedingungen zu ermöglichen, erfolgt eine Einteilung in qualitative Typen mit ähnlichen Eigenschaften (z.B. Einteilung in mehreren Arten von Gebäudetypen). Mit den erfassten Messdaten erfolgte zunächst ein Vergleich mit herkömmlichen Prognoseverfahren. Darauf aufbauend erfolgte eine zusätzliche statistische Auswertung entsprechend der erfassten differenzierten Randbedingungen. Der Studierende erzielte erste Ergebnisse zur Differenzierung der Prognosegleichungen. Beispielsweise untersuchte er die Möglichkeit der Differenzierung nach Gebäudetyp für Vibrationsrammungen als Emissionsart.

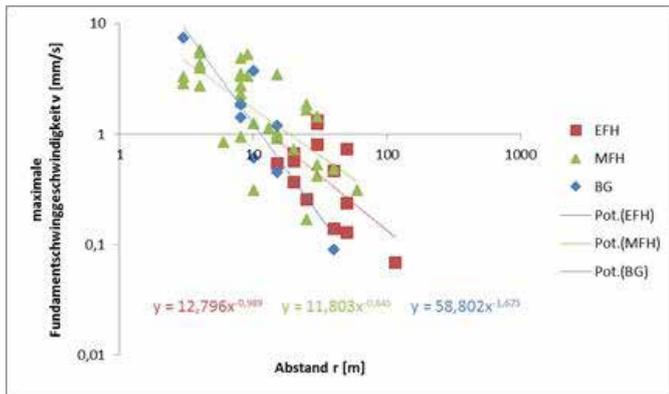


Abbildung 5: Differenzierung Gebäudetyp, Vibrationsrammung; Grafik: Schaumburger

Die generelle Möglichkeit einer Differenzierung konnte der Studierende anhand der bisherigen Ergebnisse zeigen. Aufgrund der noch zu geringen Anzahl an Datensätzen in der Messdatenbank ist die statistische Aussagekraft bisher noch zu gering.

Neben den messtechnischen Untersuchungen haben die Studierenden mit qualitativen Untersuchungen zur Erschütterungsausbreitung in Abhängigkeit unterschiedlicher Randbedingungen begonnen. Hierzu erfolgen numerische Untersuchungen zur Simulation der Erschütterungsausbreitung mittels der Finite-Elemente-Methode. Erste Ergebnisse hierzu dokumentierte Mustafa Al Hakim in seiner Masterarbeit zum Thema „Numerische Simulation der Erschütterungsausbreitung infolge Tiefbauarbeiten –Machbarkeitsstudie“. Im Rahmen der Masterarbeit erstellte er grundlegende Berechnungsmodelle zur Simulation der Erschütterungsausbreitung und untersuchte Einflussparameter im Rahmen einer Sensitivitätsstudie (Abbildung 6).

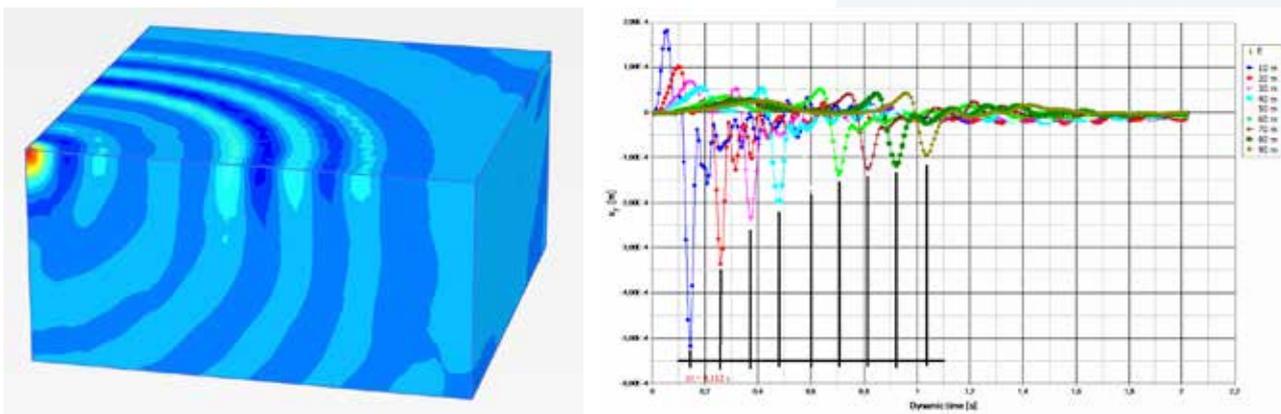


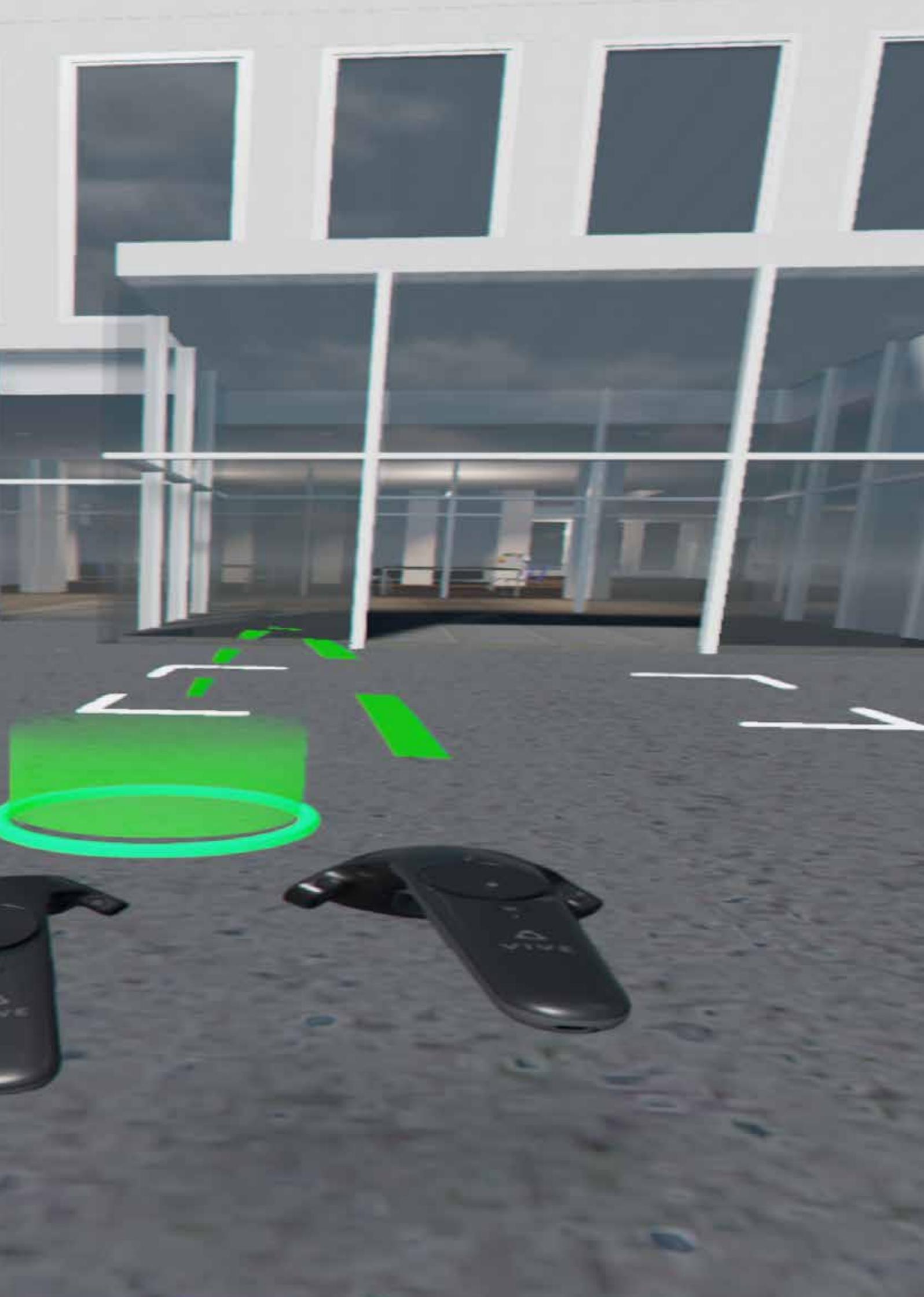
Abbildung 6: Simulation Erschütterungsausbreitung; Grafik: Mustafa Al Hakim

In der Masterarbeit zeigt der Student die generelle Umsetzbarkeit der Simulation mittels numerischer Berechnungsmodelle. Weitere Untersuchungen z.B. zur Simulation gemessener Erschütterungsereignisse sind geplant.

5. Fazit und Ausblick

Im Rahmen des Lehrforschungsprojekts konnten die Studierenden eine eigene Messdatenbank als Grundlage für die Untersuchungen der Prognosemöglichkeiten aufbauen und erste Möglichkeiten zur Differenzierung der Prognosegleichungen erzielen. Zur Erhöhung der statistischen Aussagemöglichkeiten und zur möglichen Differenzierung weiterer Emissionsarten bzw. weiterer Typmerkmale ist zukünftig eine Erweiterung der Datenbank mit einer größeren Anzahl an Datensätzen erforderlich. Daher ist die Erweiterung der Messdatenbank in Kooperation mit dem Ingenieurbüro ERNST:ING geplant. Zusätzlich zu den baupraktischen Messungen des Ingenieurbüros sind weitere Messungen mit dem eigenen Erschütterungsmesssystem zur Untersuchung der möglichen Differenzierung weiterer Erschütterungsemissionsarten und weiterer Typmerkmale geplant. Insbesondere sollen hierbei die Übertragungsverhältnisse bei der Erschütterungsausbreitung über den Baugrund in Bauwerke untersucht werden (Freifeldschwingungen – Gebäudefundamentanregung – Deckenschwingungen). Für die Untersuchung mit mehreren Messpunkten ist eine Erweiterung des vorhandenen Erschütterungsmesssystems durch zusätzliche Messsensoren erforderlich. Neben den messtechnischen Untersuchungen erfolgen parallel Untersuchungen mittels numerischer Simulationen zur Verbesserung der Prognosemöglichkeiten. Hierbei konnten die Studierenden bisher eine grundlegende Machbarkeitsstudie realisieren. Darauf aufbauend sind numerische Untersuchungen zum qualitativen Einfluss der relevanten Randbedingungen im Rahmen von Sensitivitätsstudien geplant. In einem weiteren Schritt sollen reale Erschütterungsmessungen quantitativ simuliert werden.







Type	Size	Date Modified	Full Path
und	4 KB	10.10.2017 10:51:56	VR_HTC_Lange_Nacht/...
und	4 KB	10.10.2017 10:51:56	VR_HTC_Lange_Nacht/...
	7 KB	10.10.2017 10:51:56	VR_HTC_Lange_Nacht/...

Building Information Modeling (BIM) und Virtual Reality (VR) im Bauwesen

Prof. Dr.-Ing. Hugo Rieger
Valentin Viezens, M. Eng.
Isabell Eichenmüller, B. Eng.
Markus Stenz, B. Eng.
Fakultät Bauingenieurwesen
TH Nürnberg

Wesentliche Projektziele

Die vollständige Digitalisierung von Planungs- und Bauprozessen sowie des Gebäudemanagements soll laut dem Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur bis 2020 verwirklicht werden. Hierbei ist die Anwendung der BIM-Methode ein zentraler Bestandteil. Im Zuge dieses Lehrforschungsprojektes testeten die Studierenden die BIM-Software verschiedener Hersteller und untersuchten sie auf ihre Tauglichkeit hinsichtlich eines geeigneten BIM-Workflows. Während der Durchführung des Projekts erstellten die Teilnehmerinnen und Teilnehmer ein Beispiel für ein digitales Gebäudemodell aus bestehenden 2D-Plänen von einem sich im Bau befindlichen Gebäudekomplex mit Tiefgarage. Auf Basis der erstellten Gebäudedaten ermittelten sie die Massen und Mengen von Betonbauteilen, Fenstern, Türen etc. In einem weiteren Bearbeitungsschritt erfolgte die Generierung einer VR-Umgebung. Mit Hilfe einer VR-Brille realisierten die Studierenden einen virtuellen Rundgang durch das Gebäude.

1. Projektdaten

Fördersumme	5.296 Euro
Laufzeit	Januar bis November 2017
Fakultät / Institut / Kompetenzzentrum	Fakultät Bauingenieurwesen
Projektleitung	Prof. Dr.-Ing. Hugo Rieger
Kontaktdaten	E-Mail: hugo.rieger@th-nuernberg.de

2. Ausgangslage und Ziele des Forschungsprojekts

Die Einführung des Building Information Modelings stellt den nächsten Meilenstein vom 3D-Modell zu einer gesamtheitlichen Planung, dem Bau und der Bewirtschaftung von Bauwerken dar. Mit Hilfe des IFC-Standards können die Nutzerinnen und Nutzer bereits heute Gebäudedaten zwischen digitalen Planungstools verschiedener Hersteller aus- und einlesen. Trotz der guten Dokumentation des IFC-Standards unter buildingsmart.de sind branchentypische Softwarehersteller noch nicht in der Lage, einen Eins-zu-eins-Austausch von Gebäudedaten zu gewährleisten. Ein IFC-Austausch ohne einen Informationsverlust und mit der richtigen Interpretation der Daten zwischen Programmen wie Allplan, Revit, ArchiCad, Rhino etc. wird voraussichtlich erst in einigen Jahren möglich sein.

Das Ziel des Forschungsprojektes war es, mit Hilfe verschiedener Programme BIM-Workflows und Austausch-szenarien zu erarbeiten. Ein weiterer Aspekt ist es, dem Anwender zu ermöglichen, mittels einer VR-Brille in eine virtuelle Welt einzutauchen. Konkret sollten die Studierenden auf Basis von 2D-Plänen des an der TH Nürnberg geplanten Infozentrums ein BIM-Modell erarbeiten. Mit Hilfe der Software Autodesk Revit, Stingray und Live sollten sie erörtern, ob es möglich ist, ein adäquates BIM-Modell mit einem virtuellen Rundgang zu erstellen.

3. Herangehensweise und Lehrkontext

Mit Hilfe der zur Verfügung gestellten Projektmittel schaffte die Fakultät Bauingenieurwesen eine Fujitsu Workstation R940 mit 20 Intel Xeon CPUs mit je 2.3 GHz, 128 GB RAM, 1TB SSD sowie einer GTX1080TI Grafikkarte an. Weiterhin kaufte sie eine HTC Vive VR-Brille. Als Betriebssystem kam Windows 10 Build 1703 zum Einsatz. Zudem stellte die Fakultät im Rahmen der Projektmittel eine studentische Hilfskraft über einen Zeitraum von 20 Wochen zu je sechs Stunden pro Woche an. Darüber hinaus finanzierte sie eine zusätzliche Hilfskraft aus Fakultätsmitteln zur Unterstützung.



Abbildung 1: HTC-Vive VR-Brille. Foto: Valentin Viezens

Das Projektteam verwendete folgende Software, um alle während des Projekts behandelten Arbeitsschritte durchzuführen: Autodesk Revit 2017 | Autodesk Stingray Version 1.8 | Autodesk 3ds Max 2017 | Autodesk Live 2017 | Ceapoint Desite | Allplan 2017

Für die Erstellung des Gebäudemodells mit Autodesk Revit verwendeten die Studierenden verschiedene Bauteilgruppen wie z. B. Stützen, Wände, Treppen, Decken und Fenster. Jede Bauteilgruppe hat objektspezifische Eigenschaften. Bauteileigenschaften sind z.B. geometrische Abmessungen eines Objektes, Material, Festigkeits- und Expositionsklasse, bauphysikalische Eigenschaften, sowie Zusatzinformationen wie z.B. Lieferant, Stockwerk, Einbauteile, Bewehrungsführung etc. Im Zuge eines detaillierteren Planungsprozesses ist es möglich, die einem Bauteil mitgegebenen Informationen zu ergänzen und zu vervollständigen. Beispielsweise können bei der Festlegung von Fenstern und Türen zusätzliche Details zu den benötigten Beschlägen angegeben werden. Im Zuge der Planung von Gebäuden sollten die Planerinnen und Planer verschiedene Stufen des LOD (Level of Development) in Anlehnung an die Leistungsphasen der HOAI durchschreiten. Das Ziel des Building Information Modelings ist es, ausgehend von einem ersten Architekturmodell auch die Tragwerks- und TGA-Planung (Technische Gebäudeausrüstung) innerhalb eines gemeinsamen Modells zu realisieren. Den bei der Ausschreibung teilnehmenden Bauunternehmen muss es möglich sein, aus einem ersten Architekturmodell die Massen und Mengen für ein aussagekräftiges Angebot zu entnehmen. Weiterhin ist die beauftragte Bauunternehmung mit Hilfe des Gebäudemodells in der Lage, Bauablaufpläne mit z. B. festgelegten Bauabschnitten zu entwickeln und so einen permanenten Soll-Ist-Vergleich während des Baus durchzuführen. Dabei können sie z. B. BIM-Viewer auf

Tablets einsetzen. Mit Hilfe von speziellen Softwareprodukten ist es auch möglich, 2D-Schal- und Bewehrungspläne, die aus dem BIM abgeleitet wurden, innerhalb einer App aufzurufen. Nach Fertigstellung eines Bauvorhabens findet das Bauwerksmodell für Aufgaben und Prozesse im Bereich des Facility Managements, des Rückbaus und der Sanierung Verwendung. Das Bauwerkinformationsmodell (BIM) soll dabei Datengrundlage für alle während des Gebäudelebenszyklus anfallenden Planungs-, Bau- und Bewirtschaftungsaufgaben sein.

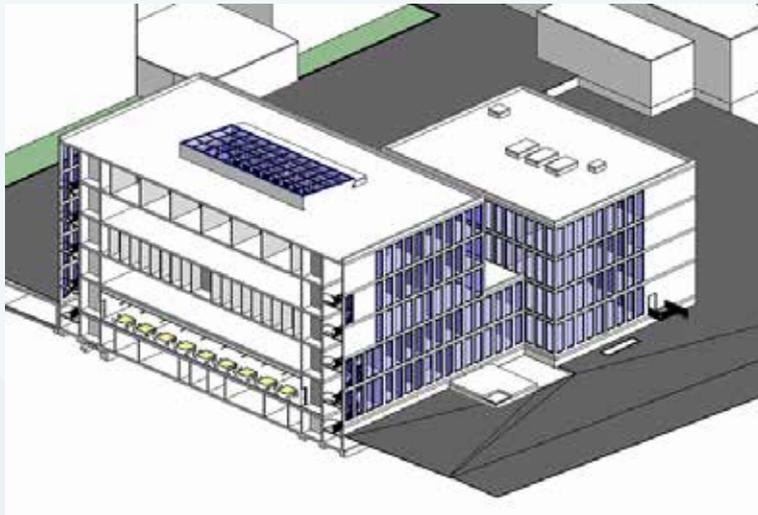


Abbildung 2: Modell des Infozentrums in Autodesk Revit; Screenshot: Isabell Eichenmüller

Die Teilnehmerin des Projekts Isabell Eichenmüller erstellte mit Hilfe der CAD/BIM Software Revit ein digitales Gebäudemodell des zukünftigen Infozentrums. Ausgehend von 2D-Plänen im DWG-Format hat sie zunächst das 3D-Modell aufgebaut und mit Informationen ergänzt. Die benötigte Arbeitszeit von Isabell Eichenmüller zur Erstellung des Grundmodells betrug ca. 30 Stunden. Zudem fügte sie angrenzende Gebäude als Volumenblöcke hinzu. Auch die angrenzende Tiefgarage modellierte sie basierend auf der vorhandenen 2D-Planung.

Im Projekt untersuchten die Studierenden den Austausch von IFC-Daten zwischen Softwareprodukten verschiedener Hersteller. Dabei übergaben sie ein Referenzmodell von Revit 2017 nach Allplan 2017 mit dem IFC-Standard 2x3. Die Teilnehmerinnen und Teilnehmer stellten dabei mehrere Übertragungsprobleme fest, wie z. B. dass das Programm eine vorhandene 3D-Bewehrung nicht als solche erkannte und in eine Makroverlegung konvertierte. Zudem erkannte es Stützen als Deckenbauteile. Positiv ist, dass das Gebäudemodell als solches übertragbar ist und die Nutzerinnen und Nutzer sich das Modell ansehen können. Dabei erkannte das Programm Decken und Wände richtig. Bei der Kontrolle einiger Volumina gab es größere Abweichungen, sodass bei einer Übertragung und anschließenden Mengenermittlung die Studierenden vorangehende Kontrollen von Bauteilabmessungen durchführen sollten. Mit einer Stichprobenkontrolle von Bauteilabmessungen kann Kalkulationsfehlern vorgebeugt werden. Ab Allplan Version 2018 müsste auch ein Import von IFC 4-Dateien möglich sein.

Das Gebäudemodell dient der Fakultät als Referenzgebäude und soll zukünftig im Zuge der Lehrveranstaltung Baubetrieb bzw. Bauinformatik Studierenden die Anwendung der BIM-Methode näherbringen. Das Modell sowie die sich dahinter verbergende Technologie und benötigte Arbeitsweise erläuterte das Projektteam im Rahmen

einer Präsentation bei der Langen Nacht der Wissenschaften 2017 interessierten Besucherinnen und Besuchern. Diese hatten außerdem die Möglichkeit, das Modell mit Hilfe einer VR-Brille virtuell zu begehen. Das Umwandeln des Gebäudemodells in eine VR-taugliche Umgebung wird auf den kommenden Seiten genauer erläutert. Die Immersion (Eintauchen) in die virtuelle Welt gibt den Anwenderinnen und Anwendern das Gefühl, an einem anderen Standort zu sein. Mit Hilfe einer VR-Brille können die Nutzerin bzw. der Nutzer in Echtzeit auf verschiedenste Weisen mit computergenerierten Umgebungen interagieren. In anderen Branchen wie der Automobilindustrie und Pilotinnen- oder Pilotenausbildung ist die Nutzung von VR-Technologien bereits Standard. Für die Baubranche ergeben sich durch Virtual Reality neue Chancen und Möglichkeiten. So ist es nicht nur denkbar, sich dreidimensional durch das Gebäude zu bewegen, bevor es gebaut ist. Auch lässt sich für die Bauherrin und den Bauherrn oder der Planerin und den Planer ein Gefühl für den Raum und dessen Größe aufbauen. Sie können vorab schwierig zu realisierende Hochbaudetails ansehen und besprechen. Dadurch sind sie in der Lage, mögliche Planungsfehler von vornherein auszuschließen. Die Visualisierung von Gebäuden innerhalb einer virtuellen Realität ist ein Hilfsmittel für die Planung und trägt zur Entscheidungsfindung bei.



Abbildung 3: Virtuelle Begehung des zukünftigen Infozentrums TH Nürnberg; Screenshot: Isabell Eichenmüller

Mit Hilfe der Software Stingray konnte das Projektteam das aus Revit importierte Modell so aufbereiten, dass eine virtuelle Begehung ermöglicht wird. Stingray ist in der Lage, mit VR-Hardware der Firmen HTC und Oculus zu kommunizieren. Innerhalb von Stingray können die Nutzerinnen und Nutzer verschiedene physikalische Parameter, wie z. B. Schwerkraft, Kollisionsmanagement etc., einstellen. Zudem ist die Software in der Lage, auch Animationen z. B. von sich öffnenden Türen abzuspielen. Darüber hinaus ist es möglich, dass die Nutzerinnen und Nutzer die Belegungen von Controllertasten und damit verknüpfte Aktionen frei definieren. Stingray stellt damit, wie das Programm Unity, eine universal nutzbare und programmierbare Game-Engine zur Verfügung. Das in Abbildung 3 zu sehende Modell haben die Studierenden so aufbereitet, dass sie mit Hilfe des VR-Equipments eine möglichst genaue Simulation des Infozentrums erreicht haben. Durch ein virtuelles Palettenwerkzeug kann das Projektteam die Texturen von Böden während der Begehung individuell verändern. Mit Hilfe von Onlinetools wie NormalMap (<http://cpetry.github.io/NormalMap-Online>) erstellen sie Texturen und Oberflächen von 3D-Objekten und verwenden diese in Stingray.

Mit Flow, einer in Stringray integrierten, visuellen Programmierschnittstelle, lassen sich in Abhängigkeit diverser Events zusätzliche Interaktionen oder Folgeereignisse festlegen. Diese Art der Programmierung ist auch für Benutzerinnen und Benutzer ohne tiefgreifende Programmierkenntnisse verständlich. Die per „Drag and Drop“ verschiebbaren Codeblöcke haben dabei Ein- bzw. Ausgänge und führen die im jeweiligen Codeblock gekapselte Funktion in Abhängigkeit der Eingangsparameter aus.

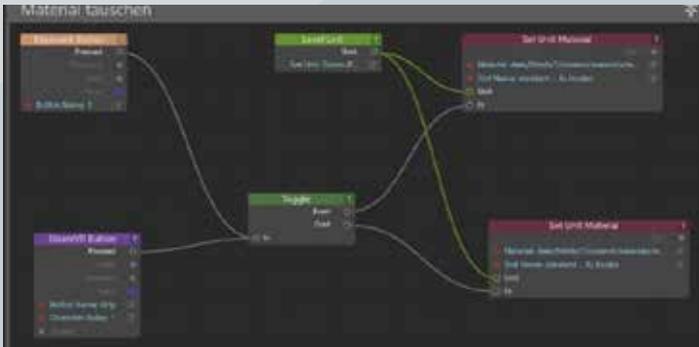


Abbildung 4: Austausch von Materialien mit grafischer Programmierschnittstelle; Screenshot: Isabell Eichenmüller

Abbildung 4 zeigt ein Skript, das für den Austausch von Materialien verwendet wird. Es setzt sich aus jeweils sechs Code-Blöcken und den jeweiligen Verknüpfungen zusammen. Im abgebildeten Skript legte das Projektteam fest, von welchem Objekt das Material getauscht werden soll und mit welchem Toggle-Event die Aktion ausgelöst wird. Ein Toggle-Event kann z. B. die Betätigung eines bestimmten Controller-Buttons oder das Betreten eines festgelegten Bereichs innerhalb der VR-Umgebung sein. Mit dem grafischen Programmierinterface legte das Team vor einigen Türen spezielle Bereiche fest, deren Betreten dazu führt, dass die zugeordnete Türe sich automatisch öffnet. Türen und andere Objekte können aber auch z. B. beim Betreten oder virtuellem Berühren ausgeblendet oder transparent werden. Insbesondere bei Bauteilen mit 3D-Bewehrung ist es sinnvoll, die Eigenschaft transparent zuzuweisen.

Zusätzlich untersuchten die Studierenden die Möglichkeiten des Programms Autodesk Live genauer. Dabei stellten die Projektbearbeiterin Isabell Eichenmüller und -bearbeiter Markus Stenz fest, dass das Programm bei einem Export des Modells Materialien, Ansichtspunkte und weitere Attribute direkt aus Revit vollautomatisch übernimmt. Autodesk Live bietet weiterhin die Möglichkeit, einen über das Jahr veränderlichen Sonnenstand zu simulieren.

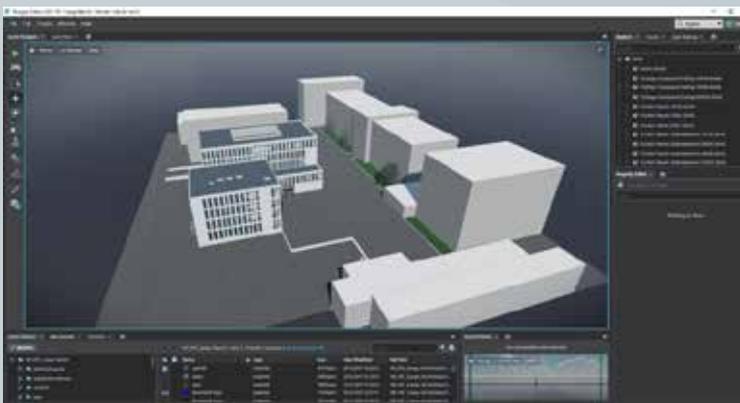


Abbildung 5: Screenshot Programmoberfläche von Autodesk Stingray; Screenshot: Isabell Eichenmüller

Damit können sowohl Planerinnen und Planer als auch Kundinnen und Kunden ungewollte Verschattungen schnell erkennen. Damit das Programm den sich über das Jahr hinweg verändernden Sonnenstand richtig erfassen kann, muss die Nutzerin oder der Nutzer zunächst eine Georeferenzierung des Modells vornehmen. Auch Schattenwürfe von Nachbargebäuden können sie in die Simulation integrieren. Wie bei zuvor genannter Software ist die Nutzerin oder der Nutzer in der Lage, sich mit Hilfe der Controller im Gebäude zu bewegen, differenziertere Einstellungen und hinzugefügte Programmskripte wie im Werkzeug Stringray kann die Nutzerin oder der Nutzer nicht vornehmen.

4. Forschungsergebnisse und Nachhaltigkeit / Verwertung

Die Projektergebnisse zeigen, dass die Erarbeitung eines effizienten BIM-Workflows machbar ist. Die Nutzerinnen und Nutzer können den Datenaustausch zwischen den einzelnen Softwareprodukten aber noch nicht vollkommen verlustfrei durchführen. Es hat sich herausgestellt, dass die BIM-Methode gerade in den Bereichen der architektonischen Planung und der Bauausführung bereits gut funktioniert und zu einem wirtschaftlicheren Arbeiten bei gleichzeitiger Fehlerminimierung führt. Die BIM-Methode stellt zudem sicher, dass eine hohe Qualität der Planung gewährleistet ist und die Nutzerinnen und Nutzer Kollisionen zwischen den verschiedenen Fachplanungen frühzeitig erkennen können.

Innerhalb des Projekts hat das Team nicht untersucht, mit welcher Software sich die technische Gebäudeausrüstung in das BIM integrieren lässt. Weiterhin fand kein Datenaustausch mit dem Bereich Tragwerksplanung statt, sodass das Modell keine 3D-Bewehrung enthielt. Auch ein Wärmeschutznachweis nach der aktuell gültigen Energie Einsparverordnung (EnEv) sowie eine thermische Gebäudesimulation führte das Team nicht durch. Das erarbeitete Gebäudemodell soll Studierenden der Fakultät BI helfen, ein besseres Verständnis der BIM-Methode zu erlangen. Weiterhin ist angedacht, das Modell innerhalb der Lehrveranstaltung Baubetrieb und Bauinformatik als Beispiel für weiterführende Übungen einzusetzen.

5. Fazit und Ausblick

Die Fakultät Bauingenieurwesen der TH Nürnberg wird anhand des bestehenden Modells versuchen, auch die Belange der Gebäudetechnik, Tragwerksplanung und Bauphysik in das BIM zu integrieren. Damit können die Studierenden zusätzliche Erkenntnisse über die Praktikabilität in den jeweiligen Fachplanungsbereichen erlangen.

Die Präsentation des Gebäudes innerhalb einer VR-Umgebung bietet insbesondere für Architektinnen und Architekten die Möglichkeit, der Kundin oder dem Kunden eine bessere Vorstellung des zukünftigen Gebäudes zu vermitteln. Mit Hilfe von VR können sie auch gestalterische Belange besser mit ihren Kundinnen und Kunden diskutieren, absprechen und visualisieren. Das Projektteam sieht auch im Bereich der Gebäudetechnik, des Facility Managements und der Tragwerksplanung ein Potenzial der VR-Technologie. Denkbar wäre auch ein virtueller Arbeitsbereich, in dem die Nutzerinnen und Nutzer über virtuelle Werkzeuge das Modell und die Planung komplett innerhalb einer VR-Umgebung durchführen können.

Für die Bearbeitung des Projekts stellte die Fakultät Bauingenieurwesen Isabell Eichenmüller, die bereits über ihre Beschäftigung bei einer Bauunternehmung einschlägige Erfahrungen im Bereich des Building Information Modelings gesammelt hat, über die gesamte Projektdauer als studentische Hilfskraft an. Weiterhin beschäftigte die Fakultät Markus Stenz, der sich im Zuge seiner Tätigkeit bei einer Bauunternehmung bzw. Masterarbeit mit dem Thema BIM befasst hat, als studentische Hilfskraft. Zur weiteren Untersuchung der Sachverhalte versucht die Fakultät, soweit es die finanziellen Mittel zulassen, die mit dem Projekt betrauten Hilfskräfte weiter zu beschäftigen, damit sie offen gebliebene Fragen beantworten und neue Erkenntnisse gewinnen können.

Das Projektteam strebt an, im Sommersemester 2018 Partner aus der Industrie für eine Kooperation zu gewinnen und einen Antrag auf Vorlaufforschung zu stellen. Zudem zielt das Team darauf ab, auch mögliche BIM-Workflows mit anderen, in der Bauindustrie verwendeten, Programmen genauer zu untersuchen.





Versuche zur Energieversorgung von Niedrigstenergiegebäuden

Prof. Dr.-Ing. Eric Simon
Peter Pfeifer, B. Eng.
Jonathan Benedikt
Fakultät Bauingenieurwesen
TH Nürnberg

Versuche zur Energiegewinnung aus erneuerbaren Quellen und Speicherung der Energie dienen dazu, den Studierenden des Bauingenieurwesens einen Einstieg in die Thematik der Energieversorgung von Niedrigstenergiegebäuden zu geben.

Wesentliche Projektziele

Hierzu führte das studentische Projektteam Versuche zur Gewinnung elektrischer Energie mittels Photovoltaik und zur Gewinnung von Wärmeenergie mit Solarthermie durch und erfasste die Ergebnisse messtechnisch. Die Speicherung der Energie erfolgte mit Wasserstoff und mit einem Paraffin-Latentwärmespeicher. Die Nutzung der gespeicherten Energie zeigten die Studierenden anhand einer Brennstoffzelle zur Rückgewinnung elektrischer Energie und durch Kopplung des Wärmespeichers an eine simulierte Heizwärmeversorgung auf.

Das Projektteam filmte die Versuchsdurchführung, um die wesentlichen Sachverhalte der teilweise sehr zeitintensiven Versuche zeitlich gerafft in kurzen Videos in den Vorlesungsbetrieb des Bachelor- und Masterstudiengangs der Fakultät zu implementieren.

In einem weiteren Schritt haben die Studierenden das an den Experimenten Erlernte auf einen realen Maßstab übertragen und die Berechnungen zur Energieversorgung einer Effizienzhaussiedlung angestellt.

1. Projektdaten

Fördersumme	4.992 Euro
Laufzeit	April bis Dezember 2017
Fakultät / Institut / Kompetenzzentrum	Fakultät Bauingenieurwesen
Projektleitung	Prof. Dr.-Ing. Eric Simon
Kontaktdaten	E-Mail: eric.simon@th-nuernberg.de

2. Ausgangslage und Ziele des Forschungsprojekts

Um die von der Bundesrepublik gesteckten Ziele „bis 2050 sollen Häuser nahezu klimaneutral sein, also den eigenen Bedarf nur aus erneuerbaren Energien decken“ umzusetzen, bedarf es ganzheitlicher Lösungen.

Für den Neubaubereich werden die Anforderungen gemäß der jeweils gültigen Energieeinsparverordnung (ENEV) an den Energieeffizienzstandard stets größer. Die Europäische Kommission hat eine Leitrichtlinie veröffentlicht, die die Mitgliedsstaaten dazu auffordert, einen sogenannten Niedrigstenergie-Standard für Neubauten einzuführen. Die Bundesregierung steht kurz davor, das sogenannte Gebäude-Energie-Gesetz (GEG) zu verabschieden, das für den Neubaubereich den zuvor genannten Standard größtenteils verlangt.

Von vergleichbar großer Bedeutung für die Zielerfüllung sind die Bestandsbauten, die größtenteils noch nicht oder bezüglich der Energieeffizienz nur in geringem Maße saniert sind.

Es stellt sich letztendlich für Neubauten und für Bestandsbauten die Frage nach dem Optimum zwischen dem passiven Wärmeschutz der Gebäudehülle und der Gebäude-Energietechnik. Gleichzeitig besteht der Anspruch,

die gesteckten Ziele der Klimaneutralität zu erreichen.

Erneuerbare Energien sind wiederum sehr stark von den jahreszeitlichen Gegebenheiten abhängig. Größere Mengen erneuerbarer Energie werden im Sommer generiert, der Bedarf an Energie zum Betrieb von Gebäuden ist jedoch in der kalten Jahreszeit deutlich größer. Daraus ergibt sich die Notwendigkeit zur Energiespeicherung. Im Forschungsprojekt hat das Team geeignete Systeme zur Energieversorgung von Gebäuden untersucht. Dabei hat das Team die Systeme hinsichtlich ihres Potentials zur Speicherung der gewonnenen Energie für den tages- und jahreszeitlichen Ausgleich hinterfragt.

Die Studierenden hatten die Möglichkeit, an anschaulichen Kleinversuchen die Problematik zu erkennen und Lösungsmöglichkeiten selbst zu entwickeln. Die Erkenntnisse werden für weitergehende Überlegungen und künftige Vorhaben verwendet. Mittels der erstellten Videoaufzeichnungen können die Professorinnen und Professoren die recht zeitintensiven Versuchsdurchführungen zeitlich gerafft in den Vorlesungsbetrieb implementieren und somit allen Studierenden anschaulich präsentieren.

3. Herangehensweise und Lehrkontext

Vor dem Start der eigentlichen Versuche haben sich die Studierenden zunächst in die Thematik energieeffizienter Gebäude und deren Energieversorgung eingearbeitet. Die Zielsetzung hierbei war, den später durchgeführten Untersuchungen die nötige Praxisrelevanz zu geben und die generelle Komplexität der Thematik zu veranschaulichen.

In einem weiteren Schritt errichteten die Studierenden die ersten experimentellen Aufbauten (siehe Abbildung 1 und 2). Abbildung 1 zeigt den Versuchsaufbau zur photovoltaischen Energieerzeugung und der Speicherung der Energie in Form von elektrolytisch hergestelltem Wasserstoff. Die Rückverstromung in der Brennstoffzelle steht exemplarisch für die Wiederverwendung der gespeicherten Energie. Abbildung 2 stellt den solarthermischen Versuchsaufbau dar. Die mittels des Solarkollektors erzeugte Wärmeenergie wird in dem Paraffin-Latentwärmespeicher eingelagert und kann zeitlich verschoben für die Heizwärmeversorgung von Gebäuden eingesetzt werden.



Abbildung 1: Versuch zur photovoltaischen Energieerzeugung und Energiespeicherung mittels elektrolytisch hergestelltem Wasserstoff; Foto: Peter Pfeifer

Den Studierenden fiel auf, dass der original mitgelieferte Ständer des Photovoltaikmoduls instabil ist und eine Verstellung des Moduls in Bezug auf den Sonnenstand nicht zulässt. Beim solarthermischen Versuchsaufbau stellten sie fest, dass der Temperaturfühler leicht in der Lage verrutscht und dadurch verfälschte Ergebnisse liefert. Für beide genannten Schwachstellen konstruierten die Studierenden aus eigenem Antrieb mit CAD ergänzende Bauteile und stellten diese unter Verwendung eines 3D-Druckers her.



Abbildung 2: Solarthermischer Versuch mit Paraffin-Latentwärmespeicher; Foto: Peter Pfeifer

Nach Aufbau der Experimente und der Durchführung von Versuchsreihen erstellten die Studierenden Langzeitvideoaufnahmen und schnitten diese dann auf eine Länge von wenigen Minuten für eine Verwendung im Vorlesungsbetrieb zusammen.

In einem weiteren Schritt untersuchte das Projektteam die mittels der Experimente herausgearbeiteten Sachverhalte auf die konkrete Verwendung zur Energieversorgung künftiger Gebäude. Hierzu stellten die Studierenden Überlegungen an, wie und in welcher Größe die Komponenten der Experimente in einer Wohnhaussiedlung, bestehend aus 50 Reihenhäusern, eingesetzt werden können und damit dem gesetzten Ziel des Niedrigstenergiegebäude-Standards gerecht werden.

4. Forschungsergebnisse und Nachhaltigkeit/ Verwertung

Ein erstes wesentliches Ergebnis des Lehrforschungsprojekts stellt die erfolgreiche Teilhabe von Studierenden an Versuchen beziehungsweise deren eigenständige Durchführung von Versuchen dar.

Die erstellten Videoaufzeichnungen eignen sich hervorragend für die Verwendung im Vorlesungsbetrieb, um mehr Studierenden einen Zugang zu derartigen Experimenten in zeitlich vertretbarer Dauer zu ermöglichen.

In der „Langen Nacht der Wissenschaften“ präsentierten die Studierenden die auf den durchgeführten Versuchen aufbauenden Überlegungen für die Energieversorgung von Niedrigstenergiegebäuden der Öffentlichkeit. Abbildung 3 fasst anschaulich die Ergebnisse der angestellten Berechnungen für eine aus 50 Reihenhäusern bestehende Wohnhaussiedlung zusammen. Der erreichte Endenergie- und Primärenergiebedarf von unter null

Kilowattstunden pro Jahr verdeutlicht die Zielerreichung des sogenannten Niedrigstenergiegebäude-Standards, der unter dem Begriff Effizienzhaus-Plus Standard besser bekannt ist.

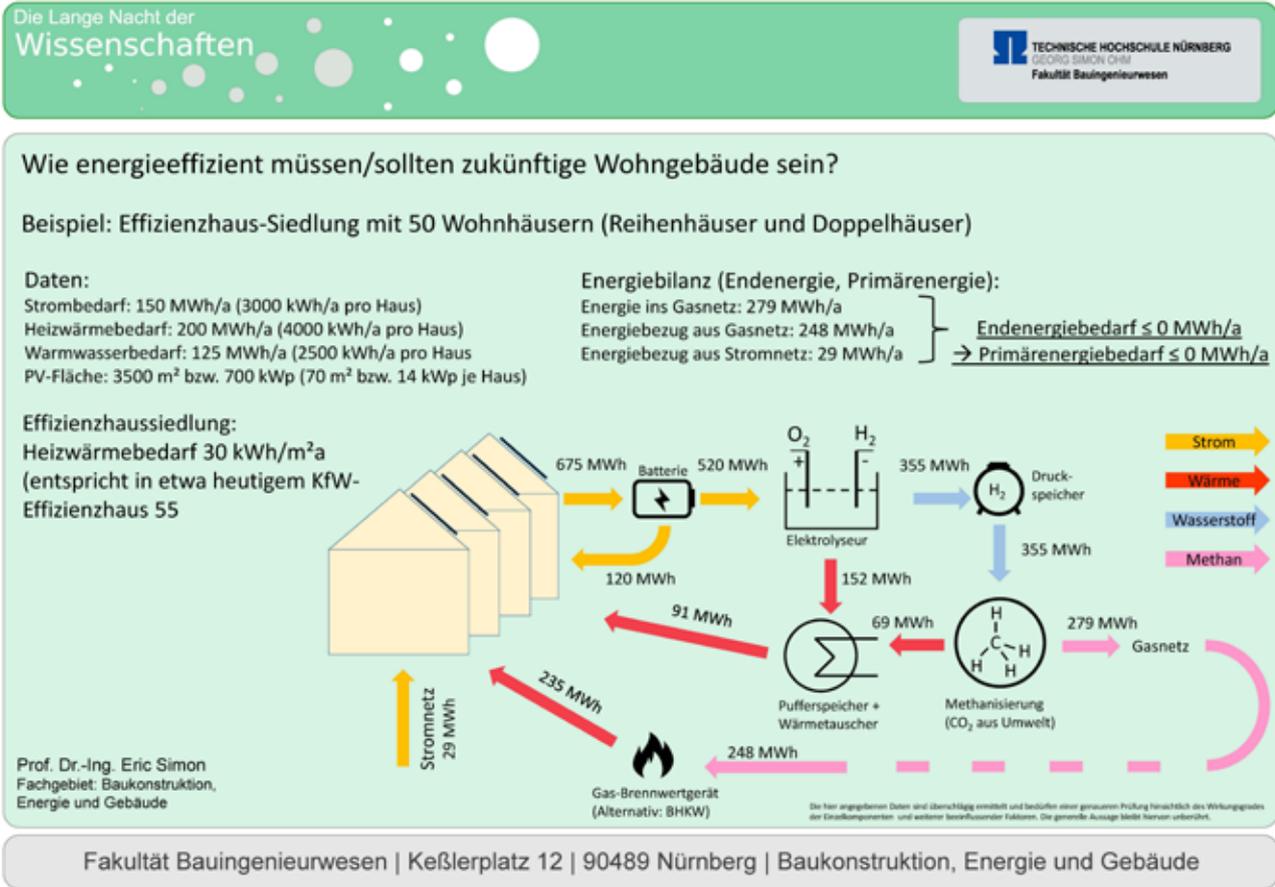


Abbildung 3: Präsentation der Berechnungsergebnisse für eine Effizienzhaus-Siedlung bei der Langen Nacht der Wissenschaften 2017; Grafik: Eric Simon

Weitergehende Überlegungen zur Energieversorgung von Effizienzhaus-Siedlungen stellte ein Studierender in einer Bachelorarbeit an.

5. Fazit und Ausblick

Das durchgeführte Forschungsprojekt bildet eine erfolgreiche Basis für weitere Projekte mit ähnlich grundlegender Fragestellung zur Energieversorgung künftiger Gebäude. Die Zusammenarbeit mit Studierenden hat sich sehr angenehm gestaltet. So konnte der Projektleiter insbesondere feststellen, dass Studierende in der eigenverantwortlichen Mitarbeit in Forschungsthemen eine eigene intrinsische Motivation entwickeln, die teilweise zu verblüffenden und sehr gut weiter zu verwendenden Inhalten führen kann. Somit bleibt festzuhalten, dass das forschende Lernen ein wichtiger Bestandteil des Studiums, insbesondere für stärker wissenschaftlich orientierte Studierende darstellt. Darüber hinaus bietet das Konzept eine gute Möglichkeit, gewisse Forschungsthemen zusammen mit Studierenden weiter zu entwickeln.

Letztendlich hat dieses erste Lehrforschungsprojekt dazu beigetragen, weitere darauf aufbauende Überlegungen und Projektideen zu entwickeln, die, wie bereits in einem Lehrforschungsantrag für das Jahr 2018 formuliert, das Behandelte im größeren Maßstab und erweitert auf andere Komponenten zur Energieversorgung von Gebäuden untersuchen sollen.



Two men are standing and looking at a laptop. The man on the left is wearing a dark suit jacket, a light-colored shirt, and glasses. The man on the right is wearing a maroon sweater and dark pants. They are both looking at the laptop screen.

A man is kneeling on a white circular mat on the floor, working on a small blue robot car. He is wearing a grey sweater, blue jeans, and glasses. He is using a pair of pliers to adjust the robot. The robot is a small, four-wheeled vehicle with a blue body and red wheels. A black cable is connected to the robot and runs towards the laptop.





NXP Cup

Prof. Dr. Ramin Tavakoli Kolagari
Markus Zoppelt
Fakultät Informatik
TH Nürnberg

Wesentliche Projektziele

In dem Lehrforschungsprojekt „NXP Cup“ wurde studentischen Projektgruppen die Teilnahme an dem gleichnamigen Studierenden-Wettbewerb der Firma NXP Semiconductor, einem der größten Hersteller für Halbleiterprodukte weltweit, ermöglicht. Der Wettbewerb ist im Bereich des autonomen Fahrens angesiedelt: Die Studierenden modifizieren und programmieren dabei spezielle Modellfahrzeug-Bausätze und treten mit den resultierenden Fahrzeugen in einem Wettbewerb gegen andere Studierende aus aller Welt an. Die Modellfahrzeuge müssen in der Lage sein, autonom einen Rundkurs zu absolvieren, der mit Kreuzungen, Hügeln und weiteren Hindernissen gespickt ist. Die Autos folgen per Kamera einer Markierung auf der Rennstrecke, die während der Fahrt nicht verlassen werden darf. Beim „NXP Cup“ entscheidet dabei die Rundenzeit über Erfolg und Misserfolg. Für das Lehrforschungsprojekt konnte entsprechend des Regelwerks des Wettbewerbs ein Team bestehend aus drei Studierenden der TH Nürnberg gewonnen werden. Das Team nahm an der mitteleuropäischen Vorausscheidung teil, konnte sich allerdings leider nicht für das Europa-Finale qualifizieren.

1. Projektdaten

Fördersumme	2.790 Euro
Laufzeit	Januar bis Dezember 2017
Fakultät / Institut / Kompetenzzentrum	Fakultät Informatik
Projektleitung	Prof. Dr. Ramin Tavakoli Kolagari
Kontaktdaten	E-Mail: ramin.tavakolikolagari@th-nuernberg.de

2. Ausgangslage und Ziele des Forschungsprojekts

Das Lehrforschungsprojekt der Fakultät Informatik soll studentischen Projektgruppen die Teilnahme am sogenannten NXP Cup ermöglichen. Der NXP Cup ist ein von der Firma NXP Semiconductors ausgerichteter, internationaler Studierenden-Wettbewerb, bei dem eine Vielzahl teilnehmender Teams mittels autonom fahrender Modellfahrzeuge auf Rennstrecken, die mit Hindernissen gespickt sind, um Bestzeiten konkurrieren.

Die teilnehmenden Renn-Teams bestehen aus Gruppen von Bachelor- und Masterstudierenden verschiedener Universitäten und Hochschulen aus aller Welt. Im vergangenen Jahr etwa umfasste das Teilnehmerfeld ca. 500 Studierende, organisiert in ca. 150 Teams, von 50 Universitäten und Hochschulen aus 16 verschiedenen Ländern. Die teilnehmenden Teams müssen sich zunächst in regionalen Qualifikationsausscheiden beweisen und können sich durch ein Abschneiden in den oberen Rängen für die Teilnahme an den internationalen Wettbewerben qualifizieren. Das NXP-Cup-Team der Fakultät Informatik der TH Nürnberg konnte sich bei seiner ersten Teilnahme am Wettbewerb (beziehungsweise dessen Vorläufer: Freescale Cup) unmittelbar für die internationalen EMEA-Finals qualifizieren. Dieser Initialerfolg soll im Rahmen des betreffenden Lehrforschungsprojektes weiter ausgebaut werden.

Der NXP Cup wird federführend von NXP Semiconductors ausgerichtet und von den namhaften Partnern ARM, Elektrobot, ams AG und MathWorks unterstützt. Durch die globale Ausrichtung und die schiere Größe des Wettbewerbes kann zudem eine positive Außenwirkung für die Hochschule erreicht werden. Die Erfahrung der letzten Jahre lässt außerdem vermuten, dass in der lokalen Medienlandschaft ein Interesse an derartigen Themen besteht, wodurch eine positive Außenwirkung weiter verstärkt werden könnte.

Die technischen Herausforderungen, mit denen die Studierenden im Rahmen des Lehrforschungsprojekts NXP Cup konfrontiert werden, decken sich in vielen wesentlichen Bereichen mit der Thematik der automotivespezifischen Lehrinhalte der Fakultät Informatik. Die Studierenden entwerfen dabei in der Hauptsache Softwarelösungen für spezifische Problemstellungen des autonomen Fahrens. Neben dem Kernproblem der zuverlässigen Wegfindung ist es erforderlich, dass die Studierenden zudem besondere Streckenschikanen wie beispielsweise Hügelpisten oder Tunnel meistern. Parallel dazu müssen die Studierenden immer auch die Rennperformance des Modellautos beachten, da die resultierenden Rundenzeiten bei erfolgreicher Absolvierung der Strecke das entscheidende Kriterium sind. Die zur Verfügung stehende Hardwarebasis der Modellautos ist dabei für alle teilnehmenden Teams identisch. Dies hat zur Folge, dass – trotz technischem Bezug – die Qualität der implementierten Softwarelösungen die wichtigste Einflussgröße für die resultierende Rennperformance der Fahrzeuge ist.

3. Herangehensweise und Lehrkontext

In dem Lehrforschungsprojekt NXP Cup hat die Fakultät Informatik studentischen Projektgruppen die Teilnahme an dem gleichnamigen Studierenden-Wettbewerb der Firma NXP Semiconductors, einem der größten Hersteller für Halbleiterprodukte weltweit, ermöglicht. Der Wettbewerb ist im Bereich des autonomen Fahrens angesiedelt: die Studierenden modifizieren und programmieren dabei spezielle Modellfahrzeug-Bausätze und treten mit den resultierenden Fahrzeugen in einem Wettbewerb gegen andere Studierende aus aller Welt an. Die Modellfahrzeuge müssen in der Lage sein, autonom einen Rundkurs zu absolvieren, der mit Kreuzungen, Hügeln und weiteren Schikanen gespickt ist. Die Autos folgen per Kamera einer Markierung auf der Rennstrecke, die während der Fahrt nicht verlassen werden darf. Beim NXP Cup entscheidet dabei die Rundenzeit über Erfolg und Misserfolg. Für das Lehrforschungsprojekt konnte ein Team, bestehend aus drei Studierenden, entsprechend des Wettbewerbs-Regelwerks gewonnen werden. Das Rennteam besuchte das NXP-Cup-Qualification-Event in Düsseldorf, wo es sich allerdings nicht für das Europa-Finale qualifizierte.

In den vergangenen Jahren hat die Fakultät Informatik unter der Leitung von Prof. Dr. Ramin Tavakoli Kolagari und Prof. Dr. Friedhelm Stappert an der TH Nürnberg die AG Automotive auf- und ausgebaut, die sich im Rahmen von Lehrveranstaltungen, Seminaren sowie Projekt- und Abschlussarbeiten mit dem Themenkomplex automobile Softwareentwicklung befasst. Die zur erfolgreichen Teilnahme am NXP Cup benötigten Kompetenzen können sich die Studierenden so z.B. in den Lehrveranstaltungen Automotive Software Engineering und Automotive Systems Modeling (beide Prof. Dr. Ramin Tavakoli Kolagari) sowie Echtzeitsysteme im Automobil und Embedded Systems (beide Prof. Dr. Friedhelm Stappert) aneignen. Im Wintersemester 2017/2018 wird erstmalig ein eigener Bachelorkurs ‚Entwicklung eines autonom fahrenden Modellfahrzeugs‘ angeboten, der speziell auf die Vermittlung der Techniken und Fähigkeiten abzielt, die für die Teilnahme am Cup notwendig sind. Es haben sich zehn

Studierende (entspricht vier Teams) angemeldet und alle zehn Studierende nehmen auch aktiv an diesem Kurs teil. Der Kurs selbst geht über den unmittelbaren Kontext des Cups hinaus, da die Professoren den Studierenden auch weitergehende Kenntnisse der Robotik und des Automotive Software Engineering vermitteln. Des Weiteren wurde an der Fakultät Informatik eigens für die betreffende Thematik ein Automotive Software Labor geschaffen, wobei die dort zur Verfügung stehende Hardware und Software für das Lehrforschungsprojekt genutzt werden soll. Die Laborausstattung orientiert sich an modernen Standards der Automobilindustrie: so stehen neben realitätsgetreuen Steuergeräten und weiterer automobiler Hardware wie einem 3D-Drucker beispielsweise auch gängige Software-Werkzeuge zur Umsetzung moderner automobiler Softwarearchitekturen zur Verfügung.

In diesem Semester geht es nur um die Erfahrung bei der Entwicklung mit eingebetteten Systemen. Außerdem ist das Ziel, ein Referenzbeispielmodell als Ausgangsbasis für den weiter oben erwähnten Kurs zu entwickeln. Das Projekt wird ausführlich im Confluence-Wiki dokumentiert. Das studentische Team setzt die generelle NXP-Cup-Aufgabe basierend auf AUTOSAR um. AUTOSAR (www.autosar.org) ist ein internationaler Standard der Automotive Domäne und gibt konkrete Vorgaben bei der Entwicklung automobiler Systeme vor.

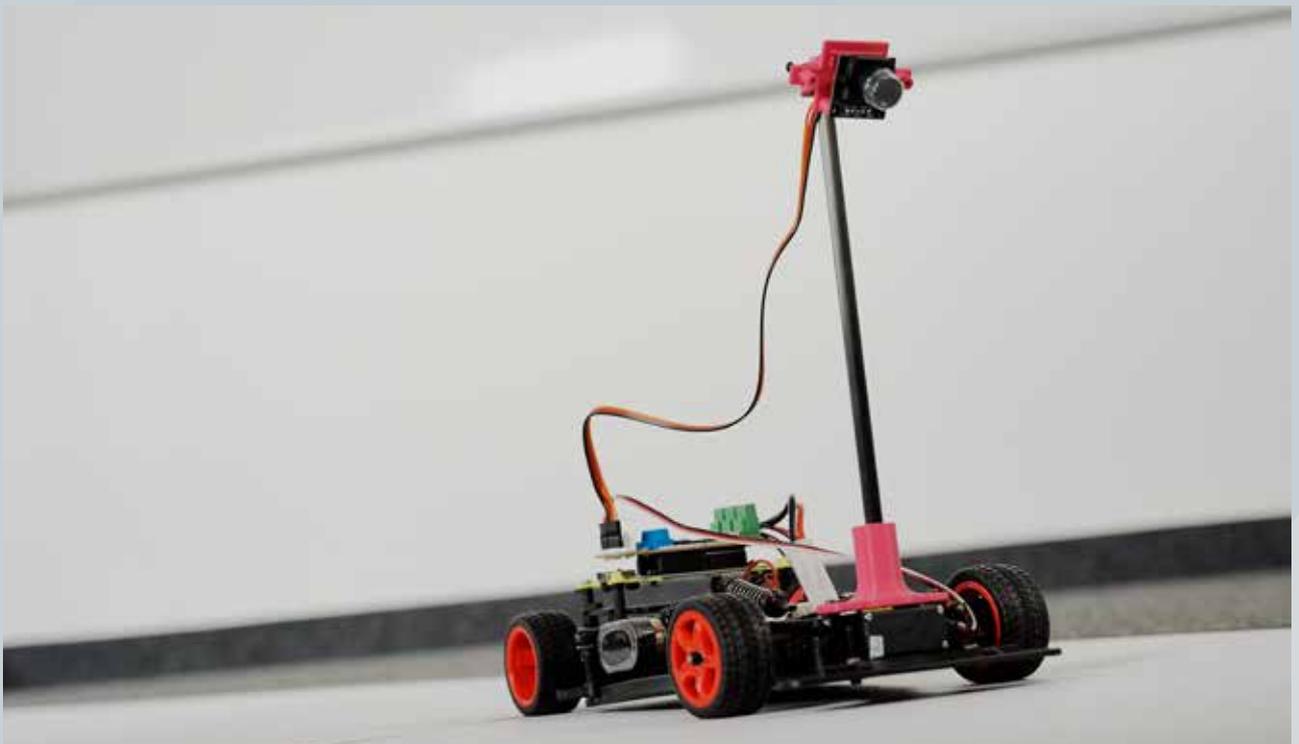


Abbildung 1: Das Modellfahrzeug auf der Teststrecke; Foto: Oliver Kussinger

4. Forschungsergebnisse und Nachhaltigkeit / Verwertung

Die Ergebnisse des Teams werden in einem Wiki (Confluence) dokumentiert, an dem nachfolgende Gruppen weiterarbeiten können. Diese Form der Dokumentation bietet den Vorteil der flexiblen Erweiterbarkeit sowie der singulären Quelle im Vergleich zu eigenständigen Projektberichten.

Basierend auf den Vorarbeiten durch die Teilnahme am NXP Cup sowie der AUTOSAR-Fragestellung ergaben sich eine Reihe von Forschungsfragestellungen, die die Studierenden bereits in kleineren Forschungsprojekten

bearbeitet haben und die auch künftig Impulse für studentische Projektarbeiten im Rahmen von IT-Projekten und Abschlussarbeiten generieren werden.

5. Fazit und Ausblick

Im Wintersemester 2017/2018 wird erstmalig ein eigener Bachelorkurs „Entwicklung eines autonom fahrenden Modellfahrzeugs“ angeboten, der speziell auf die Vermittlung der Techniken und Fähigkeiten abzielt, die für die Teilnahme am Cup notwendig sind. Es haben sich zehn Studierende (entspricht vier Teams) angemeldet und alle zehn Studierende nehmen auch aktiv an diesem Kurs teil. Der Kurs selbst geht über den unmittelbaren Kontext des Cups hinaus, da die Professoren den Studierenden auch weitergehende Kenntnisse der Robotik und des Automotive Software Engineering vermitteln. Des Weiteren wird das an der Fakultät Informatik befindliche Automotive Software Labor regelmäßig für die Bedarfe des NXP Cup aktualisiert; die dort zur Verfügung stehende Hardware und Software wird ebenfalls für das Lehrforschungsprojekt genutzt.

Aus der Teilnahme am NXP Cup ergeben sich regelmäßig neue Fragestellungen für Abschlussarbeiten und IT-Projekte. Weiterhin aktuell ist die Forschungsfragestellung einer AUTOSAR-konformen Umsetzung der Controlling Software für die Steuerung der autonom fahrenden Modellfahrzeuge.









Tragbare Sensorik für Gesundheit und Bewegungsanalyse

Prof. Dr. Sebastian Walter
Fakultät Elektrotechnik Feinwerktechnik Informationstechnik
TH Nürnberg

„Tragbare Sensorik“ ist in den Medien, der Konsumgüterindustrie, aber auch in der akademischen Forschung ein aktuelles und relevantes Thema. Im Lehrforschungsprojekt wurden dazu Ideen entwickelt und neuartige Prototypen methodisch strukturiert entworfen, aufgebaut und ihre Funktion kritisch evaluiert. Die Anwendungen sollen einen relevanten Beitrag zur Prävention oder Therapie leisten können. Die Entwicklung erfolgte in der Lehrveranstaltung Projektarbeit (6. Semester) der an der Fakultät effingesiedelten Bachelor-Studiengänge Elektrotechnik / Informationstechnik, Mechatronik / Feinwerktechnik und Medizintechnik. Jeder der Studiengänge ist für Teil- Aspekte der inhärenten Herausforderungen prädestiniert. Die nach den Methoden der angewandten Forschung entstandenen Entwicklungen sind aus Sicht der Studierenden subjektiv neu; die Erkenntnisse, Herausforderungen und Fehlentwicklungen wurden in einem Workshop nachfolgenden Studierenden, aber auch Praktikern (Physiotherapie), Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern benachbarter Disziplinen (z.B. Sportwissenschaft) und Industrievertretern präsentiert. So wurden in einem frühen Stadium der akademischen Laufbahn wissenschaftliche Kommunikationsmethoden erprobt und die Relevanz des eigenen Beitrags bewusst wahrgenommen. Einige Ideen werden in Folgeprojekten weiter verfolgt.

Wesentliche Projektziele

1. Projektdaten

Fördersumme	4.623 Euro
Laufzeit	Januar bis Dezember 2017
Fakultät / Institut / Kompetenzzentrum	Fakultät Elektrotechnik Feinwerktechnik Informationstechnik
Projektleitung	Prof. Dr. Sebastian Walter
Kontakt Daten	E-Mail: sebastian.walter@th-nuernberg.de

2. Ausgangslage und Ziele des Forschungsprojekts

„Tragbare Sensorik“ (sog. wearables, wearable computers) ist ein aktuelles und relevantes Thema. Preisgünstige und zugängliche Technologien erlauben es, auch in kleinen Stückzahlen interessante Prototypen zu entwickeln und Anwendungen zu erproben. Anwendungen können einfache Datenerfassungen wie Schritt-, Entfernungs- und Positionsmessung sein, die erst über die Darstellung in sozialen Netzwerken eine „Bedeutung“ erlangen; aber auch gesundheitlich bedeutsame Anwendungen sind als zukünftige Entwicklungen denkbar. Während die elektronischen Komponenten standardisiert und weit entwickelt sind, erlauben Fragestellungen, die die Integration z.B. in Bekleidung betreffen, kreative Lösungen. Im Lehrforschungsprojekt sollen Ideen für tragbare Sensorik entwickelt und neuartige Prototypen methodisch strukturiert entworfen, aufgebaut und ihre Funktion kritisch evaluiert werden. Das Ziel ist es, dass die geplanten Anwendungen perspektivisch einen relevanten Beitrag zur Prävention oder Therapie leisten können. Die Kernaspekte des Themas wie Sensorik und Messdatenerfassung sind im Lehrgebiet des Autors enthalten und sind auch in Drittmittelprojekte involviert; somit sind auch interes-

sierte Kooperationspartner vorhanden. Das beschriebene Forschungsfeld ist nicht direkt Teil des Standard-Curriculums, aber nicht zu weit davon entfernt und gleichzeitig für Studierende im Alltag erlebbar. Bewusst wurden die Aufgaben nicht vom Autor oder Projektpartnern formuliert, um eine offene Aufgabenstellung zu erreichen. Neben dem Entwickeln von „subjektiv Neuem“ durch die Studierenden war der wissenschaftliche Austausch auch über Disziplingrenzen hinweg ein wichtiger Aspekt des Projekts, weil in einem zentralen Workshop Projekte dargestellt und hinterfragt wurden.

3. Herangehensweise und Lehrkontext

Innerhalb der Lehrveranstaltung „Projektarbeit“ (6. Studiensemester) bildeten sich studiengang- und interessenübergreifende Gruppen aus drei bis vier Studierenden, die sich im Wintersemester 2016/2017, Sommersemester 2017 und Wintersemester 2017/2018 relativ frei Entwicklungsaufgaben und Anwendungen zum genannten Themenbereich gesucht haben. Die Projektvorschläge erfolgten teilweise durch den Autor oder externe Partner. Aufgrund der hohen Gestaltungsmöglichkeit und der Relevanz der Aufgaben war die Identifikation bei den meisten Projektgruppen groß. Die Aufgaben wurden nach den im projektbegleitenden Seminar erlernten Methoden strukturiert, Probleme, Umwege und Herausforderungen als unabdingbare Aspekte des Forschens akzeptiert. Zu Beginn des Wintersemester 2017/2018, 14.-15.10.2017, wurde ein Workshop im „Zentrum Jura Alpin“ in Hirschbach / Oberpfalz veranstaltet. Hierbei handelt es sich um eine einfache, relativ abgelegene Unterkunft. Die Abgeschiedenheit und die aushäusige Übernachtung förderte eine gute Diskussionskultur. Teilnehmende waren außer den Studierenden der TH Nürnberg Sportwissenschaftlerin und Sportwissenschaftler (Dr. Sabine Mayer, Prof. Dr. Wolfgang Kemmler, beide Friedrich-Alexander-Universität Erlangen) sowie Vertreter von Industriepartnern (Uwe Schmidt, Innovationsmanager, Physiomed Elektromedizin AG Schnaittach, Dr. Michael Wiehl, Entwicklungsleitung Senetics Ansbach). Im Programm des Workshops waren Vorträge aus abgeschlossenen und laufenden Projektarbeiten enthalten, Bachelorarbeitsvorträge, Impulsvorträge durch die externen Referenten und eine als „Marktplatz“ durchgeführte Vorstellung von Projektvorhaben. Profitiert haben die Teilnehmenden (15 Studierende, 5 Personen aus Wissenschaft und Industrie) von der Möglichkeit, einem Fachpublikum die eigenen Ergebnisse vorstellen zu können, aber auch von der Offenheit, mit der auch über Probleme gesprochen wurde, von unterschiedlichen Blickwinkeln und Schwerpunkten. Die Erfahrung, stark von diesem Austausch zu profitieren, war für die Studierenden neu und ein wichtiger Beitrag zu ihrer Forschungskompetenz. Darüber hinaus war es sehr bereichernd, am beruflichen Erfahrungshintergrund der Studierenden teilhaben und davon profitieren zu dürfen, so war beispielsweise ein berufserfahrener Physiotherapeut und zwei Medizinisch-Technische Assistenten unter den beitragenden Studierenden. Diese Kenntnisse einzubinden, gelingt im „normalen“ Hochschulbetrieb oftmals nur schlecht. Ein zunächst nicht geplanter Aspekt war der kulturelle Austausch, waren doch einige internationale Studierende der TH Nürnberg als Teilnehmende beim Workshop dabei, zum Beispiel aus China (drei) und Kamerun (eine). Auch hier profitierten die Teilnehmenden vom Setting des Workshops.

Trotz überregionaler Bekanntmachung (online, gedruckter Flyer) gelang es leider nicht, Teilnehmende von anderen Hochschulen zu gewinnen – hierzu ist es vermutlich am fruchtbarsten, Dozenten anderer Hochschulen mit verwandten Studiengängen zu gewinnen und auf diesem Weg Studierende zu akquirieren.

Durch den informellen Charakter und die Diskussionen von Projekten ganz unterschiedlichen Reifegrads, dem

letztlich heterogenen Teilnehmerfeld und der Dauer des Workshops wurden auch zwischen Hochschul- und Industrievertretern ein Netzwerk stabilisiert und Möglichkeiten zur Zusammenarbeit angesprochen.

4. Forschungsergebnisse und Nachhaltigkeit/ Verwertung

Erfolgreich abgeschlossene Projektarbeiten:

- M. Krügel, M. Kührt, P. Löhr, Erfassung des Kniebeugewinkels mittels einer Sensororthese, Nürnberg, (2017).
- A. Hertel, J. Jang, J. Klatzka, V. Tichy, Drucksensoren in Schuhen zur Erkennung und Analyse von Verhaltensmustern, Nürnberg, (2017).
- M. Völker, M. Jank, M. Jank, Bewegungsanalyse bei Armbewegungen, Nürnberg, (2017).
- S. Burzinski, R. Guimdoh, T. Holzer, J. Ullherr, Smart trouser, Nürnberg, (2017).

Zwei weitere Projekte werden im Wintersemester 2017/2108 abgeschlossen.

Projektübergreifend sind zwei Herausforderungen zu betonen: Die notwendige Rate der Datenerfassung und die Übertragungsraten an den stationären Datenlogger stellen für schnelle Bewegungen und/oder viele Sensoren hohe Anforderungen an die Hard- und Software.

Die Projektarbeiten lieferten viele gute Ideen für das Themenumfeld und ein geschärftes Problembewusstsein für Folgeprojekte. Direkt weiterverfolgt werden die Thematik „Smart trouser“ und „Drucksensoren in Schuhen zur Erkennung und Analyse von Verhaltensmustern“ in Bachelorarbeiten. Bei ersterem waren sowohl die in den Projektarbeiten entwickelte Methodik der Datenvisualisierung, aber auch die Datenqualität und Anwendungsrelevanz vielversprechend. Beim zweiten Thema wird erwartet, dass nach einer Überarbeitung der Datenübertragung an eine zentrale (aber nicht ortsfeste) Messeinheit schon erste Verhaltensmuster sinnvoll erkannt werden. Die weitere Einbindung von Industriepartnern wird angestrebt.

5. Fazit und Ausblick

Als erfolgreich erwiesen hat sich die Bearbeitung verschiedener Projekte zum Themenfeld „Tragbare Sensorik für Gesundheit und Bewegungsanalyse“ teilweise parallel, teilweise nacheinander und deren Verknüpfung in einem Workshop zur Erprobung der wissenschaftlichen Kommunikation in einem frühen Stadium des Studiums. Interessante Ideen im Themenumfeld sind entstanden, Studierende konnten ihre eigenen Beiträge als relevant erleben oder von der Erfahrung ihrer Vorgängerinnen und Vorgänger direkt profitieren; darüber hinaus konnten die Studierenden in einem informellen Umfeld in Kontakt mit ihrem möglichen Arbeitgeber treten. Diese „Lehr-Konferenz“ als wichtiger Teil des forschenden Lernens wurde auch von den Studierenden als sehr bereichernd und wichtig empfunden. Auch die Gäste von anderen Universitäten und aus der Industrie fanden den Kontakt mit Themen und Studierenden sehr bereichernd. Aufgrund der positiven Rückmeldungen ist der Workshop in seiner gewählten Form (z.B. externe Dozenten, einfache Unterkunft, Übernachtung) sehr gut geeignet, das forschende Lernen im Studium zu verankern. Die Einbeziehung Studierender anderer Hochschulen und Disziplinen sollte verbessert werden, um die Basis des Austauschs zu verbreitern.

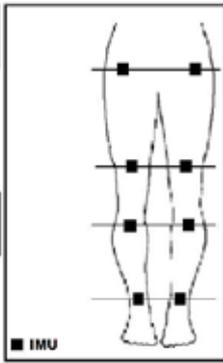
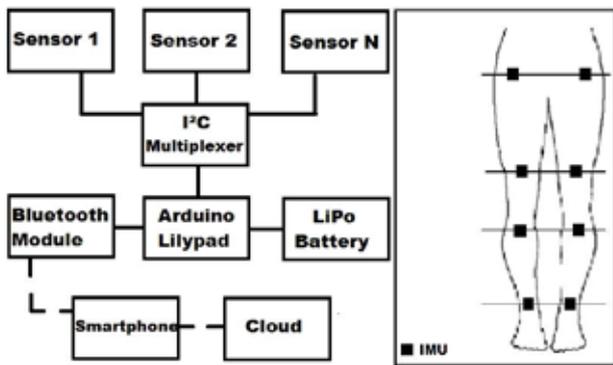


Abbildung 1: Architektur der „Smart trouser“ und Platzierung der inertialen Messeinheiten. Grafik: Burzinski et al.

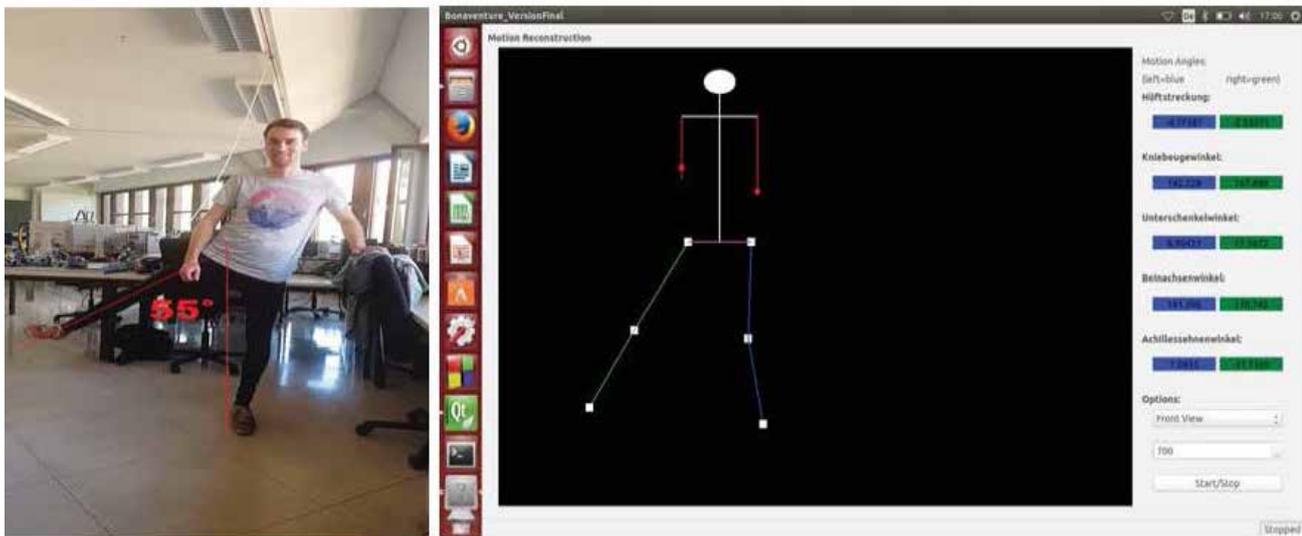


Abbildung 2: Validierung der „Smart trouser“, langsame Bewegung. Links: Real-Bewegung, rechts Visualisierung der Messdaten. Bei langsamer Bewegung gute Übereinstimmung; Foto und Grafik: Burzinski et al.

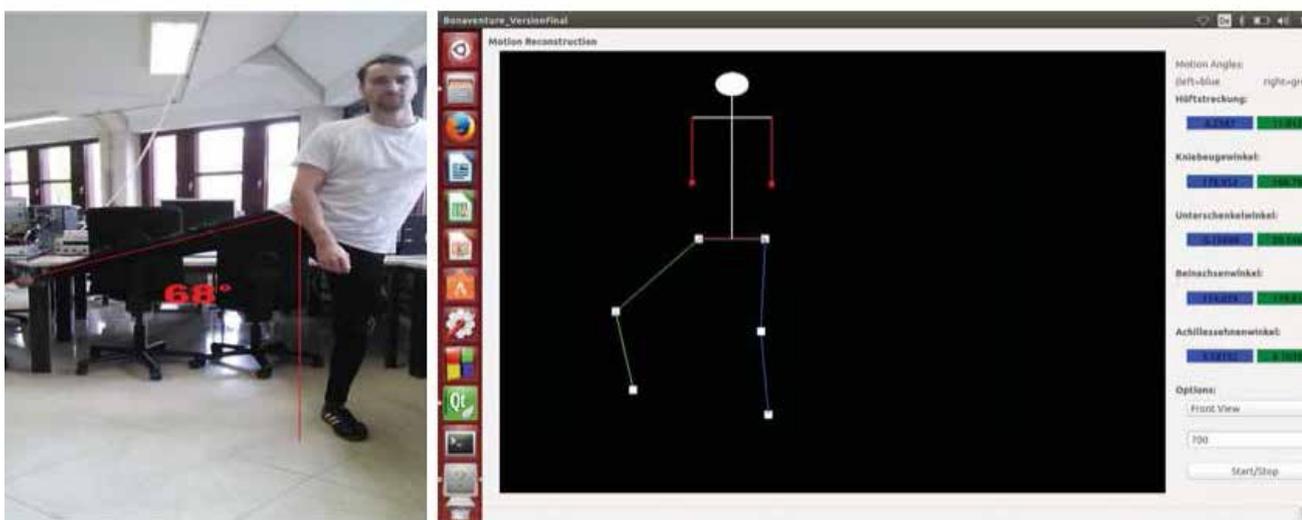


Abbildung 3: Validierung der „Smart trouser“, schnelle Bewegung. Links: Real-Bewegung, rechts Visualisierung der Messdaten. Bei schneller Bewegung schlechte Übereinstimmung. Die Verwendung des Multiplexers führt zu zu kleiner Datenrate; Foto und Grafik: Burzinski et al.

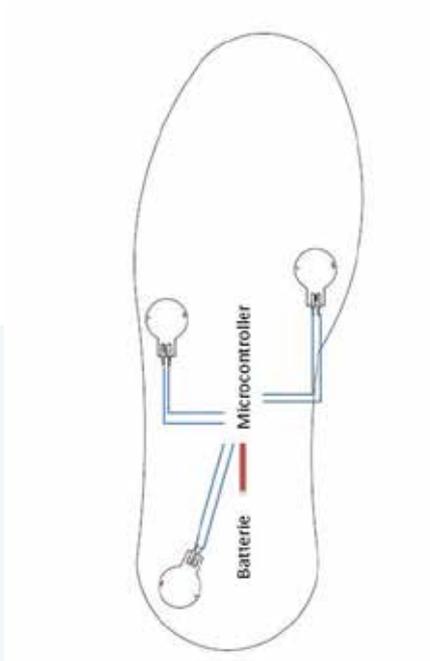


Abbildung 4: Architektur der druckempfindlichen Innensohle; Grafik: Hertel et al.



Abbildung 5: Modifizierter Schuh zur Unterbringung von Energieversorgung und Mikrocontroller und angedeutete Sensorpositionen; Foto: Hertel et al.



Impressum

Lehrforschung 2016/2017, Heft 25

Herausgeber:

Der Präsident der Technischen Hochschule Nürnberg Georg Simon Ohm
Keßlerplatz 12
90489 Nürnberg

Redaktion:

Hochschulkommunikation
Technische Hochschule Nürnberg Georg Simon Ohm
Postfach 210320, 90121 Nürnberg

Bildnachweis

© Oliver Kussinger: Titel / Rücktitel, 2 / 3, 6 / 7, 20 / 21, 22, 138 / 139, 140, 146 / 147, 314 / 315
© Melanie Scheller: 5, 316
© elenabsl - stock.adobe.com, © Stanisic Vladimir - stock.adobe.com: 10 / 11, 12
© helivideo - stock.adobe.com: 28 / 29, 30
© Blue Planet Studio - stock.adobe.com: 38 / 39, 40
© Patrick Daxenbichler - stock.adobe.com: 46 / 47, 48
© Indy_Looker: 56 / 57, 58
© StrOHM + Söhne: 68 / 69, 70, 180 / 181, 182
© Lucas Brisco: 76 / 77, 78, 94 / 95, 220 / 221, 222
© Sascha Herold: 86 / 87, 88
© Alexander von Hoffmann: 96
© Benjamin Schadde: 100 / 101, 102
© Michael Mirke: 108 / 109, 110
© normankrauss - stock.adobe.com: 118 / 119, 120
© Fabian Strobl: 130 / 131, 132
© Martins Vanags 2014: 152 / 153, 154
© DB Werk Nürnberg: 164 / 165, 166
© Thomas Freimann: 170 / 171, 172
© Beatrice Dernbach: 190 / 191
© A. Knauer: 192
© Fakultät Werkstofftechnik: 200 / 201
© Luca Fürst: 202
© globalmoments - stock.adobe.com: 210 / 211, 212
© Rüdiger Hornfeck: 226 / 227, 228
© Markus Kaiser: 236 / 237, 238
© Raphael Zöller: 246 / 247, 248
© Thomas Killing: 254 / 255, 256
© Johannes Ziegler: 266 / 267, 268
© Michael Mirke: 276 / 277, 278
© Bernd Plaßmann: 286 / 287, 288
© Isabell Eichenmüller: 296 / 297, 298
© Peter Pfeifer: 306 / 307, 308
© Hertel et al.: 322 / 323, 324
© Petra Simon: 330

Stand: Juni 2019







ISSN 1867-4585